Univ.-Professor
Dr. med. Dr. phil.
Hans Horsters

Postverlagsort Wien

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE BERLIN-DAHLEM · E. K. DRESCHER-KADEN STRASSBURG i. ELS. · H. v. FICKER WIEN · R. GRAMMEL STUTTGART
O. HAHN BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL UTRECHT · A. KÜHN BERLIN-DAHLEM · M. v. LAUE BERLIN · E. v. d. PAHLEN POTSDAM
F. SAUERBRUCH BERLIN · H. STILLE BERLIN · F. v. WETTSTEIN BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

SPRINGER-VERLAG IN BERLIN

HEFT 27/39 (SEITE 165—238) JULI/SEPTEMBER 1944 32. JAHRGANG

INHALT:

A. DEFANT sechzig Jahre alt. Von H. THORADE. (Mit 1 Bildnis) 165
R. W. POHL zum 60. Geburtstag. Von B. GUDDEN. (Mit 1 Bildnis) 166
Überblick über die Chemie in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln. Von GERHART JANDER. (Mit 5 Figuren) 169
Kopernikanisches System und astronomische Meßkunst. Von J. LARINK. (Mit 8 Figuren) 178
Die Ultrazentrifuge und ihre Anwendungen. I. Die technische Entwicklung der Ultrazentrifugen. Von HANS BOMKE. (Mit 11 Figuren) 185
Das Wrightsche Modell der Evolution. Von K. PÄTAU. (Mit 2 Figuren) 196

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe II. Umschlagseite!

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses:

Die Kohlensäureanhydratase hemmende und fördernde Stoffe im Säugetierblut. Von MICHAEL LEINER. (Mit 2 Figuren) 202

Zum 50. Todestage von HERMANN v. HELMHOLTZ. Von M. v. LAUE 206

Karboden und Zungenbecken. Von KARL GRIPP. (Mit 8 Figuren) 207

Eine bemerkenswerte Blitzaufnahme. Von O. MERHAUT. (Mit 2 Figuren) 212

Periodische Änderungen des elektrischen Widerstandes von Wasser bei sukzessiver Durchlüftung. Von FERDINAND KIRCHNER. (Mit 2 Figuren) 214

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Bildung der Oxy-chalkone und Oxy-flavanone bei Gegenwart von Aminosäuren. Von L. REICHEL 215

Das Elektronenlinienspektrum des Elements 93. Von K. PHILIPP und J. RIEDHAMMER 216

Geruch von Gesteinsfarben. Von F. HALLA und A. SCHMÖLZER 217

Synthese von Chrysoberyll. Von W. SCHRÖDER 217

Ausscheidung von Schwermetallhalogeniden in Gläsern. Von A. DIETZEL. (Mit 3 Figuren) . 217

Zur Frage einer natürlichen α-Aktivität des Dysprosiums. Von B. GYSAE 219

Ein abgeändertes Verfahren bei der Trennung von Lösungsbestandteilen durch Thermodiffusion in der Flüssigkeit. Von H. KORSCHING 220

Wirksamkeit der Spalte eines Doppelmonochromators. Von FRITZ RÖSSLER. (Mit 1 Figur) . 220

Die Umlagerungsenergie des C-Atoms beim Übergang von Östron zu Lumi-Östron. Von NOBUTSUGU KOYENUMA 221

Die Temperaturerscheinungen bei der Diffusion. Von L. WALDMANN 222

Eine neue Meßmethode für Thermodiffusions- und Diffusionskoeffizienten in Gasen. Von L. WALDMANN 223

Aktivierung von Lanthan mit Deuteronen. Von W. MAURER. (Mit 1 Figur) 224

Über die „aktiven Stellen" bei der Katalyse. Von U. HOFMANN und W. HÖPER. (Mit 2 Figuren) 225

Elektronenmikroskopische Bestimmung der Konzentration von Tabakmosaikviruslösungen. Von H. HAARDICK, G. A. KAUSCHE und H. RUSKA. (Mit 3 Figuren) 226

Über die Auslösung von Chromosomenmutationen bei Drosophila melanogaster mit Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge. Von A. CATSCH, A. KANELLIS, GH. RADU und P. WELT 228

Massenspektrometrische Atomgewichtsbestimmung an natürlichem und angereichertem Kalium. Von W. PAUL und M. PAHL 228

Zum Oxydationsverhalten von Naphthenen. Von C. KRÖGER und K. STRÜBER 229

Das Elektronenlinienspektrum des Elements 93. 2. Mitteilung. Von K. PHILIPP, J. RIEDHAMMER und M. WIEDEMANN 229

Vergleich der chromosomenmutationsauslösenden Wirkung von Röntgenstrahlen und schnellen Neutronen bei Drosophila melanogaster. Von A. CATSCH, O. PETER und P. WELT. (Mit 1 Figur) 230

Befruchtungsstoffe (Gamone) bei Fischen (Regenbogenforelle). Von MAX HARTMANN 231

Über die Quellung und ihre Präzisionsmessung im erweiterten Temperaturbereich. Von Z. SZABÓ 231

Die Anwendung der Koinzidenzmethode zur Messung der Absorption primärer β-Strahlen. Von J. RIEDHAMMER. (Mit 1 Figur) 232

Hemmung und Enthemmung eines Ferments durch Biokolloide. Von P. OHLMEYER 232

BESPRECHUNGEN:

VOGT, H., Aufbau und Entwicklung der Sterne. (Probleme der kosmischen Physik, Bd. XXIV.) (Ref.: H. KIENLE) 233

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den Siemens-Werken. Hrsg. v. d. Zentralstelle f. wiss.-techn. Forschungsarbeiten d. Siemens-Werke. Bd. XXI, Heft 1/2. (Ref.: L. BERGMANN) 233

NODDACK, IDA, Entwicklung und Aufbau der chemischen Wissenschaft. (Wissenschaftskunde in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. WOLFGANG STRAUSS und FERDINAND SCHULZ, Heft 1.) (Ref.: P. RAMDOHR) 234

Chemie und Technologie der Kunststoffe. Hrsg. v. R. HOUWINK. 2. verb. u. erw. Aufl. Bd. I: Chemische und physikalische Grundlagen sowie Prüfungsmethoden. Bd. II: Herstellungsmethoden und Eigenschaften. (Ref.: K. ZIEGLER) 235

WEIBKE, FRIEDRICH, u. OSWALD KUBASCHEWSKI, Thermochemie der Legierungen. (Reine und angewandte Metallkunde in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. W. KÖSTER. Bd. 10.) (Ref.: G. MASING) 235

GEIGER, RUDOLF, Das Klima der bodennahen Luftschicht. Ein Lehrbuch der Mikroklimatologie. 2., völlig umgearb. Aufl. (Sammlung „Die Wissenschaft", Bd. 78.) (Ref.: H. ERTEL) 236

TRENDELENBURG, W., Der Gesichtssinn. Grundzüge der physiologischen Optik. (Lehrbuch d. Physiologie.) (Ref.: SCHUBERT) 236

KRÖNER, WALDEMAR, und WILHELM VÖLKSEN Die Kartoffel. Die wichtigsten Eigenschaften der Knolle als Lebensmittel und Rohstoff (Beiheft Nr. 9 d. Zeitschrift „Die Ernährung"). (Ref.: K. O. MÜLLER) 237

SCHNARF, K., Vergleichende Cytologie des Geschlechtsapparats der Kormophyten. (Monographien z. vergleich. Cytologie. Hrsg. v. L. GEITLER, B. I.) (Ref.: H. BAUER) 237

HEDIGER, H., Wildtiere in Gefangenschaft. Ein Grundriß der Tiergartenbiologie. Mit einem Vorwort von A. PORTMANN. (Ref.: O. KOEHLER) 237

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

32. Jahrgang | Juli/September 1944 | Heft 27/39

A. Defant sechzig Jahre alt.

Zwei Umstände sind es, die A. DEFANTS Werdegang das Gepräge gegeben haben. Einmal gehört er zu den bei der fortschreitenden Verselbständigung der Fachwissenschaften immer seltener werdenden Männern, die in zwei Wissenschaften außergewöhnliche Erfolge zu verzeichnen haben: In der Meteorologie und in der Ozeanographie. Zweitens aber behandelt er die Probleme vom exakten, mathematisch-physikalischen Standpunkt aus. Geboren in Trient am 12. Juli 1884 als Sohn eines Landesschulinspektors, wandte er sich nach Bestehen der Reifeprüfung 1902 dem Studium der Mathematik, Physik und kosmischen Physik an der Universität Innsbruck zu, wo vor allem der Meteorologe WILHELM TRABERT Einfluß auf ihn gewann. Schon als Student wurde er Assistent am dortigen Institut für kosmische Physik. Er promovierte dort 1906 zum Dr. phil. und legte 1907 die Prüfung für das höhere Lehramt (Mathematik und Physik) ab.

Bereits seine Doktordissertation über Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Tropfengröße bei Regenfällen wurde viel beachtet und diskutiert. Derartige experimentell-instrumentelle Arbeiten hat er allerdings später nur mehr selten durchgeführt, trotz seiner außerordentlichen Vielseitigkeit. Nach seiner Promotion trat er als Assistent in die Wiener Zentralanstalt für Meteorologie ein, an der er, produktiv und fleißig wie selten ein Forscher, eine große Anzahl Arbeiten aus allen Teilgebieten der *Meteorologie* veröffentlichte. Trotz seiner starken theoretischen Neigungen beschäftigte er sich auch mit der Aufarbeitung großer Beobachtungsmaterialien. Immer stellte er der theoretischen Behandlung die Feststellung eines Tatbestandes voran, wobei er auch vor den langwierigsten und umfangreichsten Zusammenstellungen nicht zurückschreckte. So hat er die Gewitter in Niederösterreich und die Windverhältnisse Österreichs behandelt, um nur die größten derartigen Arbeiten zu nennen. Nach Aufnahme seiner Tätigkeit an der Zentralanstalt habilitierte er sich bald an der Universität Wien und unterstützte JULIUS HANN in der Schriftleitung der Meteorologischen Zeitschrift. Große Verdienste erwarb er sich durch die Leitung der Wetterdienstabteilung an der Zentralanstalt, der ein ausgezeichnetes Lehrbuch der Wettervorhersage zu verdanken ist. Auf den Wechsel von der Meteorologie zur Meereskunde hinüber, der sich erst langsam vollzog, als er 1919 als Professor der kosmischen Physik an die Universität Innsbruck gekommen war, bereitete eigentlich keine seiner früheren Arbeiten vor. Sehr bekannt sind DEFANTS Untersuchungen über Periodizitäten im Niederschlag auf der ganzen Erde, sowie die Untersuchungen, in denen er den Luftaustausch zwischen hohen und niedrigen Breiten als Austauschproblem behandelte*).

Als DEFANT sich der *Meereskunde* zuwandte, stand diese gerade an einem Wendepunkt ihrer Entwicklung von einer mehr geographisch ausgerichteten Wissenschaft zu einer geophysikalischen. Noch A. MERZ, dessen Nachfolger als Leiter des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin DEFANT später (1925) wurde, verfügte zwar nicht über eine eigentliche mathematisch-physikalische Vorbildung, wußte aber diese Lücke auszufüllen durch einzigartige intuitive Einfühlung in die Naturvorgänge und bereitete so den Umschwung in der Meereskunde vor. Die eingehenden *Gezeitenuntersuchungen*, die erste für die Entwicklung der Meereskunde bedeutungsvolle Arbeit, mit der DEFANT 1919 hervortrat, erregten daher um so mehr Aufsehen, als hier zum ersten Male die Hilfsmittel der höheren Mathematik zur Untersuchung der erzwungenen Schwingungen in Buchten und Kanälen eingesetzt wurden. In Anlehnung an die bei der Behandlung der Seiches**) in Binnenseen gewonnenen Ergeb-

*) Die obige Würdigung DEFANTS als Meteorologen verdankt der Unterzeichnete der Freundlichkeit des Leiters der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, Prof. Dr. v. FICKER.

**) Französisches Wort für periodische Niveauschwankungen. Die Red.

nisse behandelte DEFANT die Gezeiten mit Erfolg als stehende Wellen, während ihre bisherige Auffassung als fortschreitende Wellen wenig Erfolg gehabt hatte.

Nach dem tragischen Tode von A. MERZ auf der von ihm wissenschaftlich vorbereiteten und geleiteten Deutschen Atlantischen Expedition auf „Meteor" (1925) konnte daher DEFANT als Nachfolger die endgültige Hinwendung der Meereskunde zu einer exakten geophysikalischen Wissenschaft vollziehen. Nachdem er am letzten Teile der Expedition teilgenommen hatte, oblag und obliegt ihm die Herausgabe des vielbändigen Expeditionswerkes; die darin niedergelegten Methoden haben richtunggebend auf neuere Forschungsfahrten des In- und Auslandes und vielfach umwälzend gewirkt. Wohl nur einem in der Meteorologie völlig heimischen Forscher wie DEFANT konnte es gegeben sein, bei der Bearbeitung der „Meteor"-Ergebnisse die Begriffe der *Tropo-* und *Stratosphäre* vom Luftmeer auf den *Ozean* zu übertragen, wobei freilich im Meere die Troposphäre oben und die Stratosphäre unten liegt; von anderen Unterschieden zu schweigen, die aber die Fruchtbarkeit der neuen Begriffe nicht haben beeinträchtigen können.

Von einer ähnlichen entscheidenden Wichtigkeit wie die Auffassung der Gezeiten als stehender Wellen und die Übertragung der Scheidung des Meeres in eine Tropo- und Stratosphäre dürfte DEFANTS Verfahren zur Feststellung der *Höhenunterschiede des Wasserspiegels* in den verschiedenen Teilen des Atlantischen Ozeans (Topographie des physikalischen Meeresniveaus) werden: Ebenso wie das Luftmeer besteht auch das Weltmeer aus zahlreichen Schichten verschiedenen spezifischen Gewichts, und ihr Druck auf die Unterlage wechselt daher von Ort zu Ort und von Zeit zu Zeit. Die Meteorologie ist nun in der glücklichen Lage, über eine waagrechte Bezugsfläche zu verfügen (Normalnull), auf die der barometrische Druck der verschiedenen Luftsäulen bezogen werden kann. Der Meereskunde fehlt leider diese Möglichkeit, weil der Meeresspiegel selbst wegen der Verschiedenheiten in der Dichte des Meerwassers und der Strömungen (auch abgesehen von Wellen und Gezeiten) nicht genau waagrecht ist. Seit zwei Jahrzehnten hat es nicht an tastenden Versuchen gefehlt, eine „Nullfläche" im Innern des Meeres zu finden, auf die man den Druck beziehen könnte; aber alle sind gewichtigen Einwänden begegnet, weil sie sich auf mehr oder weniger fragliche Annahmen stützten. DEFANT gelang es, aus der Schichtung selbst eine Annahme herzuleiten, die große Wahrscheinlichkeit besitzt, und, freilich mittels langwieriger Rechnung, eine Höhenschichtenkarte des Atlantischen Ozeans zu entwerfen, die naturgemäß z. B. für die Beurteilung der Meeresströmungen außerordentliche Bedeutung besitzt. Es muß hier genügen, aus der Fülle der DEFANTschen Arbeiten nur diese drei wichtigsten anzuführen.

Für die Anerkennung, die DEFANTS Wirken in der wissenschaftlichen Welt gefunden hat, zeugen zahlreiche Ehrungen. Er ist Wirkliches Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Korrespondierendes Mitglied der Akademien in Göttingen und Wien, Auswärtiges Mitglied der Akademien in Göteborg und Helsinki und Inhaber einer ganzen Reihe von Medaillen und Preisen wissenschaftlicher Akademien und Gesellschaften des In- und Auslandes. Die deutschen Meeresforscher aber wünschen A. DEFANT, daß es ihm vergönnt sein möge, in bisheriger Frische und Schaffenskraft noch manche Tat auf dem Felde ihrer Wissenschaft zu vollbringen.

H. THORADE, Hamburg.

R. W. Pohl zum 60. Geburtstag.

Am 10. August 1944 begeht ROBERT WICHARD POHL, o. Prof. der Exp. Physik und Direktor des I. Physikalischen Instituts der Universität Göttingen, seinen 60. Geburtstag.

Für POHLS zahlreiche Freunde und Schüler ist dies trotz des Krieges willkommener Anlaß, des erfolgreichen Forschers und berühmten Lehrers freudig zu gedenken und ihm herzliche Wünsche für das nächste Jahrzehnt seines Lebens zu übermitteln.

Die Lebensernte eines Sechzigjährigen kann man im allgemeinen schon so weit überblicken, daß eine Würdigung des Ertrages möglich ist.

POHLS Forschungen sind nicht so sehr durch Vielseitigkeit, als durch die Gründlichkeit gekennzeichnet, mit der der ganze Bereich einer allgemeinen Fragestellung durchgearbeitet ist. Die Frage, die POHLS Schaffen durch vier Jahrzehnte beherrscht hat, ist die nach der Wechselwirkung von Licht mit Materie im festen Zustand. Er hat die Lösung auf rein experimentellem Wege gesucht, und ein wesentlicher Teil unserer heutigen Tatsachenkenntnis auf diesem weiten Gebiet ist POHL und seiner Schule zu danken; das gleiche gilt für die Deutung der Erscheinungen.

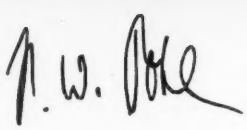
POHLS wissenschaftliches Schaffen setzt 1905 ein; hervorzuheben sind Untersuchungen mit B. WALTER über Beugung der Röntgenstrahlen.

1912 erschien seine Habilitationsschrift, eine Monographie „Die Physik der Röntgenstrahlen", die alles Wesentliche über dieses Gebiet vor der LAUEschen Entdeckung zusammenfaßte.

Um die Polarisation der Röntgenstrahlen mittels sekundär ausgelöster Elektronen zu untersuchen, begann POHL 1911 als Voruntersuchung Arbeiten über den äußeren Photoeffekt im polarisierten Licht. Die Fülle der hier in Zusammenarbeit mit P. PRINGSHEIM neu geförderten Ergeb-

nisse ist in der Monographie „Die lichtelektrischen Erscheinungen" 1913 zusammengefaßt. Hier war POHL erstmals auf die selektiven Absorptionsbanden binärer Verbindungen gestoßen, die in seinen späteren Arbeiten so große Bedeutung gewonnen haben.

Die Anerkennung dieser Arbeiten trug POHL den Ruf nach Göttingen als Nachfolger RIECKES ein, und hier entfaltete sich nach dem ersten Weltkrieg eine überaus rege Forschungstätigkeit mit einer rasch wachsenden Zahl von Mitarbeitern. Fragen des äußeren Photoeffekts wurden dabei nur noch gelegentlich aufgenommen. Im Vordergrund standen nunmehr die Lichtwirkungen *im* festen Körper.



Die Jahre 1920 bis 1926 brachten in Zusammenarbeit mit B. GUDDEN die Entdeckung der primären lichtelektrischen Wirkung in Festkörpern und den zwingenden Nachweis der lichtelektrischen Grundlagen der Phosphoreszenzerscheinungen, die LENARD und seine Schule früher als Arbeitsvorstellung angenommen hatten. Auch begannen schon die Untersuchungen an verfärbten Alkalihalogeniden. Nach GUDDENS Berufung nach Erlangen 1926 verlagerte sich der Schwerpunkt der POHLschen Forschungen mehr und mehr auf die hervorragend geeigneten Halogenide der Alkalimetalle, und es entstanden in Gemeinschaft mit R. HILSCH, später auch MOLLWO u. a., jene klassisch gewordenen Arbeiten, dank derer wir heute über den Vorgang der Lichtabsorption im idealen und gestörten Kristallgitter, über die Entstehung des latenten Bildes der Photoplatte, über Phosphoreszenzerregung und über Elektronenbewegung in isolierenden Gittern einschließlich der früher so rätselhaften „sekundären" Verwicklungen nicht nur qualitativ, sondern weitgehend auch quantitativ Bescheid wissen. Es sind Ergebnisse, die auch die wellenmechanischen Theorien dieser Vorgänge maßgeblich beeinflußt haben.

Obwohl sich die Arbeiten fast durchweg auf die obenerwähnte allgemeine Fragestellung beziehen, sind sie doch nichts weniger als einseitig und beziehen eine Fülle angrenzender Fragen ein. Experimentell ist der Gesamtbereich des Spektrums vom Flußspat-Ultraviolett bis über das ultrarote Reststrahlengebiet, der Temperaturbereich vom flüssigen Wasserstoff bis zum Schmelzpunkt der betreffenden Stoffe umfaßt; ebenso ist kaum ein Meßverfahren ohne Anwendung geblieben. Chemische Gesichtspunkte sind nicht weniger gewürdigt als die rein physikalischen; Anschluß an theoretische Vorstellungen und Ergebnisse ist stets gesucht, dabei ist freilich der Vorrang der experimentellen Feststellung stets gewahrt.

Kennzeichen aller Veröffentlichungen ist die knappe, auf das Wesentliche beschränkte Darstellung, die saubere Trennung zwischen experimentellen Befunden und ihren Deutungen, bzw. Vermutungen und schließlich die Einordnung der Einzelergebnisse in allgemeinere Zusammenhänge.

Will man sich über den Gesamtumfang der bisherigen wissenschaftlichen Leistung POHLs ein Bild machen, so darf man in Referatenblättern nicht nur unter dem Namen POHL suchen, sondern muß das Gesamtschaffen des Göttinger I. Physikalischen Instituts heranziehen. POHL verzichtet nach gutem Physikerbrauch darauf, daß jede Arbeit, die von ihm angeregt oder beeinflußt ist, auch seinen Namen mitführt. So tragen in Wirklichkeit über 300 wissenschaftliche Veröffentlichungen seinen Stempel, darunter viele Dissertationen, die nichts anderes sind, als „unter erschwerenden Verhältnissen entstandene Arbeiten des Chefs".

POHL hat einen klaren Blick für technische Möglichkeiten, und aus den Arbeiten seines Instituts sind verschiedene bedeutsame technische Entwicklungen erwachsen. Er hat aber stets auf Patentanmeldungen verzichtet, weil eine damit leicht verbundene Verquickung reiner Forschung mit geschäftlichen Belangen seiner hohen Auffassung vom Hochschullehrerberuf nicht entspricht.

In weiteren Kreisen ist noch bekannter als der Forscher POHL der gefeierte Lehrer und Verfasser von Lehrbüchern.

Zweifellos hat POHL größte Wirkung auf den Physikunterricht in den letzten zwei Jahrzehnten gehabt. In Wort und Schrift hat er für die neuen, von ihm beschrittenen Wege begeistert. Weit über

10000 junge Menschen haben seine glänzenden Experimentalvorlesungen gehört, und nur ein ganz „unphysikalisch Veranlagter" wird sich ihrem Reiz entziehen können. Der blutige Anfänger ebenso wie der gewiegte Kenner kommt in diesen Vorlesungen zu seinem Recht, und die Eleganz wie die Eindringlichkeit der zahlreichen Vorführungen dürfte schwer zu übertreffen sein. In der Tat gilt POHLs große Liebe der Vorlesungstechnik. Da fehlt jede Effekthascherei, jede zirkusmäßige Darbietung, und vor allem gibt es nie ein „Nachhelfen"; der Hörer soll durchaus sehen, was heikel und schwierig ist, damit keine falschen Vorstellungen aufkommen, wie dies bei der von POHL oft beanstandeten „Kreidephysik" leicht vorkommt. Die Versuche sind nicht nur einprägsam, vielfach völlig neu, sondern auch so aufgebaut, daß alles Wesentliche und möglichst nur dieses gesehen wird, noch dazu auch aus großen Entfernungen und möglichst aus allen Richtungen. POHLs Baukastenprinzip und seine Vorführungstechnik haben vielerorts Freunde und Nachahmer gefunden, wenn sich auch mancherorts der altgewohnte „Ladentisch" noch erhalten hat.

Weit mehr Jungakademiker noch als die unmittelbaren Göttinger Hörer haben POHLsche Didaktik aus der dreibändigen Einführung in die Physik kennengelernt und ihre Physikkenntnisse daraus erworben oder vertieft.

Die Wirkung dieser POHLschen Darstellungskunst geht aber viel weiter. POHLs Vorbild hat auf höhere Schule und Fachschule, sowie auf den übrigen Hochschulunterricht in Physik nachhaltig gewirkt: kaum eines der im letzten Jahrzehnt erschienenen Physiklehrbücher, das nicht POHLsche Beeinflussung spüren ließe.

Worin liegt das Geheimnis des Erfolges dieser drei Bücher, von denen die Elektrizitätslehre in 10., die Optik in 6. und Mechanik und Wärme bereits in 7. Auflage herauskommen werden?

Offensichtlich sind folgende Gründe maßgebend:

1. Die Neuheit und Eigenart in der Stoffauswahl, Anordnung und Darstellung.
2. Die knappe, einprägsame Sprache und der geringe Umfang der Bücher.
3. Die mit besonderer Liebe erfolgte Bebilderung, die in ihrer Vollständigkeit fast allein schon einen vortrefflichen Lehrgang der Physik abgibt.

Da POHL auf fast alles verzichtet, was Aufgabe der Schulphysik sein sollte, sind die Bücher für manchen *Anfänger* schwierig; aber wer immer sich die Mühe gibt, sich einzuarbeiten, wird reich belohnt. Dem Kenner behagen so viele köstliche Sätze und treffenden Hinweise; es können sarkastische Bemerkungen über das cgs-System sein, einprägsame Lehren, wie die, daß man Sekt nicht mit flüssiger Luft kühlen soll, Sätze aus den Vorworten, Anprangerung eingebürgerter Bezeichnungssünden u. a. m.

Nicht weniger lesenswert als die POHLschen Lehrbücher sind auch seine verschiedenen kleinen Aufsätze physikgeschichtlichen Inhalts, beispielsweise über OTTO v. GUERICKE, GEORG SIMON OHM, die Erfindung des Telegraphen u. a. m.

Daß der Meister der Feder zugleich ein Meister des Wortes ist, weiß jeder, der POHLsche Vorträge, einerlei ob fachwissenschaftliche oder volkstümliche, gehört hat; von Anfang bis Ende versteht er seine Hörer zu fesseln und den Stoff so anschaulich darzustellen, daß auch der Fernerstehende zum mindesten einen zutreffenden Begriff erhält.

Das gezeichnete Bild wäre unvollständig, wenn nicht auch des großen organisatorischen Geschickes gedacht würde, das nicht nur dem eigenen Institut, sondern der ganzen Göttinger Physik zu Nutzen gekommen ist. Die fabelhafte Entwicklung der dortigen Institute seit 1918 ist nicht zum wenigsten POHLs Verdienst.

Ein großer Teil von POHLs Erfolgen ist seiner glücklichen Hand bei der Auswahl seiner Mitarbeiter zu danken. Er befand sich in Göttingen in der beneidenswerten Lage, *wählen* zu können, und hat das bei seinen Assistenten, Doktoranden und technischen Angestellten mit großer Menschenkenntnis getan. Nicht weniger wichtig als die Leistung war ihm der Charakter seiner Mitarbeiter, und so ist ihm dank seiner Vorsicht das oft so leidige spätere Zerwürfnis mit einem Mitarbeiter zeitlebens erspart geblieben. POHL hat die Mehrzahl seiner experimentellen Arbeiten gemeinsam mit seinen bereits selbständigen Mitarbeitern ausgeführt; dies war stets eine auf voller Gegenseitigkeit beruhende harmonische Zusammenarbeit. Trotz aller Arbeitskraft und Konzentrationsfähigkeit — POHL konnte auf stundenlangen Bahnfahrten wissenschaftliche Abhandlungen verfassen und niederschreiben — wäre die Fülle wissenschaftlicher und didaktischer Produktion kaum möglich gewesen, wenn er sich nicht durch geschickte Einrichtung des Göttinger Physikunterrichts weitgehende Entlastung von Lehrverpflichtungen gesichert hätte; POHL behielt ausschließlich die Experimentalvorlesung, während beispielsweise das Praktikum Aufgabe des II. Physikalischen Instituts ist.

Zum Schlusse und gleichzeitig als Beitrag zum Verständnis für manches bisher Gebrachte sei noch einiges über POHLs Werdegang berichtet. Geboren und aufgewachsen ist R. W. POHL in Hamburg. Dem Vater, Schiffbauer und aus Ostpreußen stammend, mag POHL seine technische Begabung verdanken, dem mütterlichen Stamme dagegen — Großvater und Urgroßvater sowie Verwandte sind Schulmänner — die Lehrbegabung und Lehrfreudigkeit. Übrigens zählt POHL keinen geringeren als JOHANNES KEPLER zu seinen Ahnen!

In Hamburg besuchte POHL die berühmte Gelehrtenschule des „Johanneum"; zeitlebens ist er dank dieser hervorragenden Bildungsanstalt

ein treuer Freund humanistischer Bildung geblieben, aufgeschlossen für Kunst und Geschichte, neben seiner ausgesprochenen Naturliebe.

Nach der Reifeprüfung 1903 studierte er ein Semester in Heidelberg bei QUINCKE, beeindruckt vor allem durch die Einfachheit und Übersichtlichkeit des dortigen Praktikums. Vom zweiten Semester ab war er dauernd in Berlin, als Student, Assistent und Dozent. Der für eine vernünftige Ausbildung unumgängliche Institutswechsel erübrigte sich, weil er in dieser Zeit dreimal einen Wechsel des Institutsvorstandes erlebte und dadurch die notwendigen vielseitigen Anregungen erhielt. Überdies arbeitete er in den vorlesungsfreien Zeiten im Physikalischen Staatslaboratorium bei B. WALTER; an ihn und den damaligen Berliner Dozenten O. LUMMER (später Physikalisch-Technische Reichsanstalt und dann Breslau) denkt er besonders dankbar.

Während des Weltkrieges war POHL Oberingenieur bei der technischen Abteilung der Funkertruppen und legte hier den Grund zu seinem technischen Können und Verständnis, das ihm später so sehr zu Nutzen gekommen ist.

Bereits 1916 wird POHL als Nachfolger E. RIECKES nach Göttingen berufen, kann dies Amt als a. o. Professor jedoch erst zum 1. Januar 1919 antreten. Ordentlicher Professor wird er 1922, als er einen Ruf an die Technische Hochschule Stuttgart ablehnt.

1922 erhält er einen neuen Ruf als Nachfolger der drei Nobelpreisträger RÖNTGEN, W. WIEN und STARK an die Universität Würzburg. Nach längerem Schwanken bleibt er in Göttingen. Schließlich tritt nochmals eine große Versuchung an ihn heran, als ihm im Jahre 1932 die Nachfolge des Nobelpreisträgers LENARD und das schöne neue Heidelberger Institut angeboten wird. Die Ablehnung dieses Rufes ist POHL sehr schwer geworden; entscheidend war aber, daß er sich damals in Göttingen schon außerordentlich günstige Arbeitsbedingungen geschaffen hatte und durch sein Verbleiben eine Reihe noch unerfüllter Wünsche verwirklicht werden konnten. *Einen* Vorteil hatte eben die Vielzahl der Länder gehabt: auch bei Ablehnung von Berufungen konnten Verbesserungen erreicht werden. So ist POHL seinem Göttingen dauernd treu geblieben.

Sein Wirken hat begreiflicherweise viel äußere Anerkenung gefunden, u. a. ist er zweifacher Ehrendoktor und ordentliches Mitglied dreier wissenschaftlicher Akademien. Höher als äußere Ehrung steht POHL aber die Verbundenheit mit seinen Schülern und Mitarbeitern, von denen eine stattliche Anzahl heute bereits als Hochschullehrer wirkt oder in angesehenen und einflußreichen Staats- und Wirtschaftsstellen tätig ist.

Wir alle sind gewiß, daß uns R. W. POHL auch im 7. Jahrzehnt seines reichen Lebens noch viel zu geben hat. B. GUDDEN.

Überblick über die Chemie in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln.

Von GERHART JANDER, Greifswald.

I. Zur Einführung.

Es ist nicht ganz einfach, über das Thema „Die Chemie in nichtwässerigen aber ‚wasserähnlichen' Lösungsmitteln" einen verhältnismäßig kurzen Überblick zu geben, welcher alles Wesentliche des umfangreichen und vielseitigen Arbeitsgebietes enthält und die Bedeutung sowie die zahlreichen Berührungspunkte des Themas mit scheinbar ganz anders gearteten Problemstellungen der Chemie erkennen läßt. Sehr groß ist hierbei die Gefahr, daß nur eine dispositionsartige Nebeneinanderstellung der Tatsachen und Erscheinungen resultiert, die trocken wirkt. Deswegen möchte ich von einem vollständigen und systematischen Überblick Abstand nehmen. Wir wollen vielmehr einige wichtige Untersuchungsergebnisse und Problemstellungen herausgreifen und besprechen, in der Hoffnung, daß die einzelnen Ausschnitte wenigstens ungefähr das Gesamtbild erkennen und die größeren Zusammenhänge vermuten lassen.

Die Prinzipien, nach denen zwischen gelösten Stoffen Umsetzungen erfolgen, sind vor allen Dingen an wässerigen Lösungssystemen studiert. Das Wasser ist nun einmal das verbreitetste und daher auch das am meisten verwendete und durchforschte Lösungsmittel. Die diesbezüglichen Untersuchungen haben, wie uns allen bekannt ist, u. a. zur Erkenntnis der Gesetze von der Diffusion und Osmose, von der elektrolytischen Dissoziation, sowie zur Anwendung der Gleichgewichtslehre und des Massenwirkungsgesetzes auf Lösungssysteme geführt.

Etwa seit der Jahrhundertwende aber hat man seine Aufmerksamkeit auch anderen Lösungsmitteln zugewandt, die in vieler Hinsicht Ähnlichkeit mit dem Wasser haben und die man deswegen später auch „wasserähnliche" Lösungsmittel genannt hat. Hierher gehören u. a. der wasserfreie, flüssige Fluorwasserstoff (1), das verflüssigte Ammoniak (2), der kondensierte Schwefelwasserstoff (3), die wasserfreie Blausäure (4) und das verflüssigte Schwefeldioxyd (5), (6). Die Untersuchungen über das chemische und physikalische Verhalten der in diesen Lösungsmitteln gelösten Stoffe sowie das Studium ihrer Umsetzungen haben unsere Kenntnisse durch vergleichende Betrachtungen nach außerordentlich vielen Richtungen hin erweitert.

II. Die Gemeinsamkeit der Grundlagen für die Chemie in Wasser und in den nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln.

Das Wasser und die genannten nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmittel, also HF, H_2O, H_3N, H_2S, HCN, SO_2 u. a. m. sind durch eine Reihe gemeinsamer Merkmale ausgezeichnet, welche nun zunächst an Hand tabellarischer Übersichten besprochen werden mögen.

1. Alle diese Flüssigkeiten haben ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes Lösungsvermögen für anorganische und organische Stoffe.

2. Die reinen Lösungsmittel leiten den elektrischen Strom nur in außerordentlich geringem Maße. Die nach weitgehender Reinigung restierende, schwache Eigenleitfähigkeit muß auf eine geringfügige Dissoziation zurückgeführt werden, welche bei den einzelnen Lösungsmitteln in analoger Weise erfolgt, wie diesbezügliche Untersuchungen gelehrt haben.

$$2\,HF = (H\cdot HF)^+ + (F)^- = (H_2F)^+ + (F)^-$$
$$2\,H_2O = (H\cdot H_2O)^+ + (OH)^- = (H_3O)^+ + (OH)^-$$
$$2\,H_3N = (H\cdot H_3N)^+ + (NH_2)^- = (NH_4)^+ + (NH_2)^-$$
$$2\,H_2S = (H\cdot H_2S)^+ + (SH)^- = (H_3S)^+ + (SH)^-$$
$$2\,HCN = (H\cdot HCN)^+ + (CN)^- = (H_2CN)^+ + (CN)^-$$
$$2\,SO_2 = (SO)^{2+} + (O\cdot SO_2)^{2-} = (SO)^{2+} + (SO_2)^{2-}$$

3. Die Auflösungen zahlreicher Substanzen in diesen Lösungsmitteln aber leiten den elektrischen Strom vielfach recht gut, wobei sich an den Elektroden Zersetzungsprodukte der gelösten Stoffe abscheiden; diese liegen in solchen Fällen also als Elektrolyte vor.

4. Wasser und die genannten verschiedenartigen, nichtwässerigen, aber wasserähnlichen Lösungsmittel haben — mehr oder weniger ausgeprägt — Neigung, sich an andere, bereits abgesättigt erscheinende Stoffe oder auch an Ionen anzulagern und mit ihnen Solvate zu bilden. Hierher gehören die in Lösung solvatisierten Ionen, die zahlreichen festen Hydrate, Ammoniakate, die Thiohydrate (7) der Halogenide des Aluminiums und Berylliums vom Typus $AlCl_3\cdot 1\,H_2S$ und $BeBr_2\cdot 2\,H_2S$, die Sulfitosolvate (6) der Halogenide, Rhodanide, Azetate von Alkalien und Erdalkalien von der Art $CsJ\cdot 4\,SO_2$, $BaJ_2\cdot 2\,SO_2$, $K(SCN)\cdot {}^1/_2\,SO_2$ usw.

5. Im Zusammenhang mit der geringen Eigendissoziation des Wassers und der „wasserähnlichen" Lösungsmitel steht ein ganz bestimmter Typ von Reaktionen in ihnen, und zwar handelt es sich um die Neutralisationsreaktionen bzw. „neutralisationenanalogen" Umsetzungen. Substanzen, welche den positiven Bestandteil der Lösungsmittelmoleküle abdissoziieren, sind Säuren bzw. „Säurenanaloga"; sie setzen sich um mit Stoffen, welche den negativen Bestandteil der Lösungsmittelmoleküle abzuspalten in der Lage sind und daher als Basen bzw. „Basenanaloga" fungieren. Dabei werden die wenig dissoziierenden Moleküle des jeweiligen Lösungsmittels gebildet und ferner Salze; diese bleiben dissoziiert in Lösung oder können auch schwerlöslich ausfallen.

In Wasser:
$$(H)ClO_4 + Na(OH) = H_2O + NaClO_4$$
In verflüssigtem NH_3:
$$(NH_4)NO_3 + K(NH_2) = 2\,NH_3 + KNO_3$$
In verflüssigtem H_2S:
$$(H)Cl + Na(SH) = H_2S + NaCl$$
In wasserfreiem HCN:
$$(H_2)SO_4 + 2\,K(CN) = 2\,HCN + K_2SO_4$$
In flüssigem SO_2:
$$(SO)Cl_2 + [(CH_3)_4N]_2(SO_3) = 2\,SO_2 + 2\,[(CH_3)_4N]Cl$$

Der eindeutige Ablauf all dieser „neutralisationenanalogen" Reaktionen kann auf chemisch-präparativem Wege z. B. durch den Nachweis der Salzbildung und mit physikochemischen Meßverfahren z. B. durch konduktometrische oder potentiometrische Titrationen festgestellt werden.

In wasserfreier Flußsäure sind bemerkenswerterweise bisher „neutralisationenanaloge" Reaktionen nicht recht beobachtet worden. K. FREDENHAGEN (1) hat gezeigt, daß alle Substanzen, welche sich zahlreich und meist elektrolytisch dissoziiert in Flußsäure lösen, in diesem Medium Fluorionen bilden und daneben verschiedenartige, komplexe Kationen; sie werden also alle solvolysiert oder fungieren als potentielle Elektrolyte und werden „Basenanaloga". Auf diese interessante Angelegenheit kommen wir später noch zurück.

6. Charakteristisch für das Wasser und die „wasserähnlichen" Lösungsmittel ist fernerhin die Erscheinung der Solvolyse, welche in Abhängigkeit von der Menge, Temperatur und Art des Solvens in qualitativer und quantitativer Hinsicht unterschiedlich verläuft. Bei dieser Solvolyse werden z. B. gewisse Salze oder salzartige Verbindungen durch das jeweilige Lösungsmittel in „Säurenanalogon" und „Basenanalogon" gespalten oder es werden Säurehalogenide, Ester usw. zerlegt, wie die nachfolgenden Beispiele lehren:

In wasserfreiem HF:
$$NaCl + HF \rightarrow NaF + HCl$$
In Wasser:
$$SnCl_4 + x\,H_2O \rightarrow SnCl_4\cdot 4\,H_2O \rightarrow Sn(OH)_4 \rightarrow SnO_2$$
In flüssigem NH_3:
$$GeCl_4 + 6\,NH_3 \rightarrow GeCl_4\cdot 6\,NH_3 \rightarrow Ge(NH)_2 \rightarrow Ge_3N_4$$
In verflüssigtem H_2S:
$$Cd(CH_3COO)_2 + H_2S \rightarrow CdS + 2\,H(CH_3COO)$$
In wasserfreier Blausäure:
$$Ag_2SO_4 + 2\,HCN \rightarrow 2\,Ag(CN) + H_2SO_4$$

In Wasser:

$$PCl_5 + 4H_2O \rightarrow POCl_3 + 2HCl + 3H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 5HCl$$

In verflüssigtem H_2S:

$$PCl_5 + H_2S \rightarrow PSCl_3 + 2HCl$$

In verflüssigtem SO_2:

$$PCl_5 + SO_2 \rightarrow POCl_3 + SOCl_2$$

In wasserfreiem HCN:

$$R{-}COCl + HCN \rightleftarrows R{-}COCN + HCl$$

In Wasser:

$$R{-}COOR + HOH \rightleftarrows R{-}COOH + HO{-}R$$

In verflüssigtem H_2S:

$$R{-}COSR + HSH \rightleftarrows R{-}COSH + HS{-}R$$

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß die zielbewußte Verwendung dieses Typus solvolytischer Reaktionen für die präparative Chemie von außerordentlich großer Bedeutung sein kann. Wir werden auch auf diese bedeutungsvolle Seite des Hauptthemas noch kurz zurückkommen.

7. Als bemerkenswerte Eigentümlichkeit für das Wasser und die „wasserähnlichen" Solventien ist weiterhin die Erscheinung der Amphoterie gewisser Elemente bzw. gewisser Verbindungen hervorzuheben. Diese amphoteren Verbindungen haben je nach dem vorliegenden Lösungsmittel verschiedene Zusammensetzung, sie sind ihm angepaßt und verhalten sich stärkeren Säureanaloga gegenüber als Basenanaloga, stärkeren Basenanaloga gegenüber aber als Säurenanaloga.

In Wasser:

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$
$$Al(OH)_3 + 3KOH = K_3(AlO_3) + 3H_2O$$

In flüssigem NH_3:

$$Zn(NH_2)_2 + 2NH_4J = ZnJ_2 + 4NH_3$$
$$Zn(NH_2)_2 + 2K(NH_2) = K_2[Zn(NH)_2] + 2NH_3$$

In verflüssigtem H_2S:

$$As_2S_3 + 6HCl = 2AsCl_3 + 3H_2S$$
$$As_2S_3 + 6[(C_2H_5)_3NH]SH = [(C_2H_5)_3NH]_3AsS_3 + 3H_2S$$

In Blausäure:

$$Fe(CN)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3HCN$$
$$Fe(CN)_3 + 3[(C_2H_5)_3NH]CN = [(C_2H_5)_3NH]_3[Fe(CN)_6]$$

In verflüssigtem SO_2:

$$Al_2(SO_3)_3 + 3SOCl_2 = 2AlCl_3 + 6SO_2$$
$$Al_2(SO_3)_3 + 3[(CH_3)_4N]_2SO_3 = 2[(CH_3)_4N]_3[Al(SO_3)_3]$$

Der Ablauf all dieser Reaktionen amphoterer Substanzen in den einzelnen Lösungsmitteln entsprechend den gegebenen Formulierungen hat sich teils chemisch-präparativ, teils durch konduktometrische oder potentiometrische Titrationen feststellen lassen.

8. Schließlich sei noch als Charakteristikum für das Wasser und die „wasserähnlichen" Lösungsmittel ihre Fähigkeit erwähnt, sogenannte „potentielle Elektrolyte" in wirkliche Elektrolyte überzuführen, und zwar unter Mitwirkung der Lösungsmittelmoleküle. Das Ammoniak und die Amine, ferner Schwefeldioxyd, Kohlendioxyd und andere Substanzen sind an und für sich keine Elektrolyte, löst man sie aber in diesem oder jenem der genannten Solventien auf, so werden sie durch Reaktion mit dem Lösungsmittel Elektrolyte, und zwar je nachdem „Säurenanaloga" oder „Basenanaloga".

In wasserfreiem HF:

$$NH_3 + HF = NH_4F = NH_4^+ + F^+$$

In Wasser:

$$SO_2 + HOH = H_2SO_3 = 2H^+ + SO_3^{--}$$
$$NH_3 + HOH = NH_4OH = NH_4^+ + OH^-$$

In verflüssigtem H_2S:

$$(C_2H_5)_3N + HSH = [(C_2H_5)_3NH]SH = [(C_2H_5)_3NH]^+ + SH^-$$

In Blausäure:

$$(C_2H_5)_3N + HCN = [(C_2H_5)_3NH]CN = [(C_2H_5)_3NH]^+ + CN^-$$

In verflüssigtem SO_2:

$$2(C_2H_5)_3N + 2SO_2 = \{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}SO_3 = \{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}^{2+} + SO_3^{2-}$$

III. Ausdehnung der gewonnenen Erkenntnisse auf weitere Lösungsmittel.

Nach dem, was wir bisher gesehen haben, sind das Wasser und die nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmittel hauptsächlich Hydride von Elementen, welche sich im periodischen System um den Sauerstoff gruppieren:

$$HNH_2,\ HOH,\ HF,$$
$$HSH.$$

Dazu gesellt sich noch die wasserfreie Blausäure H(CN). Auch über die wasserfreie Essigsäure $H(CH_3COO)$ als Lösungsmittel liegen mehrere einschlägige Untersuchungen amerikanischer Chemiker vor (8). Alle diese Lösungsmittel bestehen aus Wasserstoff (H^+) und einem mehr oder weniger hydroxylähnlichen Rest: (F^-), (OH^-), (NH_2^-), (SH^-), (CN^-), (CH_3COO^-). Wir haben aber gleichzeitig weiterhin festgestellt, daß das Verhalten einer Flüssigkeit als eines „wasserähnlichen" Lösungsmittels keineswegs auf die Hydride der Elemente um den Sauerstoff herum oder überhaupt auf Wasserstoffverbindungen mit abdissoziierbarem, positivem Wasserstoff beschränkt ist, vielmehr weitere Verbreitung hat. Das Schwefeldioxyd ist — wie die aufgezeigten Reaktionstypen lehren — zweifellos in gleichem Maße ein „wasserähnliches" Solvens wie die genannten Hydride, obwohl es weder Wasserstoff enthält noch einen „hydroxylähnlichen" Rest, es dissoziiert in ein doppelt positiv geladenes SO^{++}-Ion und in ein doppelt negatives SO_3^{--}-Ion:

$$2SO_2 = SO^{++} + SO_3^{--}.$$

Es gibt aber — abgesehen vom verflüssigten SO_2 — noch weitere Flüssigkeiten, welche gewisse charakteristische Merkmale des Wassers und der anderen nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmittel zeigen. Es ist nun ebenso überraschend wie interessant, daß zu ihnen, wie diesbezügliche Untersuchungen (9) ergeben

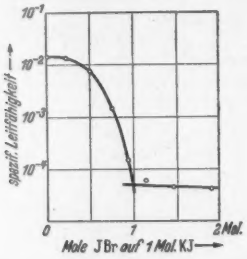


Fig. 1. Konduktometrische Titration von basenanalogem Kaliumjodid mit säureanalogem Jodbromid in flüssigem Jod.

haben, auch geschmolzenes Jod gehört. Jod ist zwischen 113° C und 184° C flüssig und löst eine Reihe anorganischer und organischer Substanzen auf. Während das reine, geschmolzene Jod den elektrischen Strom nur außerordentlich wenig leitet ($\varkappa = \sim 1 \cdot 10^{-5}$ bei 140° C), zeigen die Auflösungen einiger Stoffe in flüssigem Jod, z. B. die von Alkalijodiden, eine recht erhebliche Leitfähigkeit. Diese gelösten Stoffe liegen also als Elektrolyte vor. Die schwache Eigenleitfähigkeit

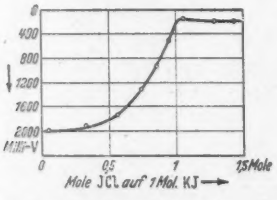


Fig. 2. Potentiometrische Titration von basenanalogem Kaliumjodid mit säureanalogem Jodchlorid in flüssigem Jod.

des flüssigen, reinen Jods ist zum Teil wohl der Rest einer metallischen Leitfähigkeit (10), zum Teil aber auch auf eine geringe Eigendissoziation gemäß

$$2\,J_2 \rightleftarrows J^+ + (J \cdot J_2)^- \rightleftarrows J^+ + J_3^-$$

zurückzuführen. Danach wären also alle Verbindungen, welche in flüssigem Jod gelöst negative Jodionen abspalten, „Basenanaloga". Das ist bei den Jodiden so! Diese müßten sich dann durch eine „neutralisationenanaloge" Reaktion mit den Verbindungen umsetzen, welche positive Jodionen abzuspalten vermögen und daher als „Säurenanaloga" fungieren, wie etwa mit Jodchlorid (JCl) und Jodbromid (JBr). Und das ist in der Tat der Fall! Präparativ-chemische Versuche, konduktometrisch und potentiometrisch unter Benutzung von Silberelektroden durchgeführte Titrationen haben einwandfrei ergeben, daß sich die Jodide in flüssigem Jod mit hinzugesetztem Jodchlorid oder Jodbromid umsetzen, und zwar gemäß dem generell gültigen Reaktionsschema:

$$MeJ + JCl = J_2 + MeCl$$
$$MeJ + JBr = J_2 + MeBr.$$

In diesen Formulierungen bedeutet Me:

$$Li,\ Na,\ K,\ NH_4,\ Rb,\ Cs,\ Ag,$$
$$^1/_2\,Hg^{II},\ ^1/_2\,Pb^{II} \text{ und } ^1/_3\,Bi^{III}.$$

Der Kurvenlauf von Fig. 1 gibt die konduktometrische Titration von basenanalogem Kaliumjodid mit säureanalogem Jodbromid in geschmolzenem Jod wieder und läßt den Äquivalenzpunkt eindeutig als Schnittpunkt zweier Kurvenäste erkennen; die Fig. 2 stellt die potentiometrische Titration von basenanalogem Kaliumjodid mit säureanalogem Jodchlorid in flüssigem Jod dar. Bei dem unsymmetrischen Kurvenzug tritt der Äquivalenzpunkt, wie zu erwarten war, deutlich als Wendepunkt in Erscheinung.

Auch die den „wasserähnlichen" Lösungsmitteln eigentümliche Solvolyse ist in flüssigem Jod anzutreffen. Viele Cyanide werden z. B. solvolysiert, wobei das offenbar äußerst schwache und obendrein flüchtige „Säurenanalogon" Jodcyan J(CN) sowie ein „Basenanalogon" (Metalljodid) gebildet wird.

$$Me(CN) + J_2 = MeJ + J(CN).$$

Hierin bedeutet

$$Me:\ Na,\ K,\ Ag,\ ^1/_2\,Hg^{(II)}.$$

Ebenso ist die Erscheinung des amphoteren Verhaltens mancher Verbindungen in flüssigem Jod zu beobachten. Durch das starke „Basenanalogon" Kaliumjodid wird z. B. aus Bleichlorid zunächst das schwächere und schwerer lösliche „Basenanalogon" Bleijodid in Freiheit gesetzt

$$PbCl_2 + 2\,KJ = PbJ_2 + 2\,KCl.$$

Das Bleijodid ist nun in geschmolzenem Jod eine amphotere Substanz und setzt sich mit weiterem Kaliumjodid zu Kaliumbleijodid $KPbJ_3$ um

$$PbJ_2 + KJ = K[PbJ_3].$$

Den Hydraten und Ammoniakaten im Aquo- bzw. Ammonosystem der Verbindungen entsprechen im „Jodosystem" der Verbindungen die Polyjodide z. B. $Cs(J_3) = CsJ \cdot J_2$.

Das geschmolzene Jod ist sicherlich ein besonders interessantes, unerwartetes und instruktives Beispiel für ein „wasserähnliches" Solvens im weiteren Sinne des Wortes. Die Untersuchungen haben gezeigt, wie fruchtbar die Übertragung alles dessen, was man unter der von ARRHENIUS stammenden Theorie der elektrolytischen Dis-

soziation wässeriger Lösungen zusammenfaßt, auf nichtwässerige Lösungsmittel gewesen ist und auch noch weiterhin sein wird.

Abgesehen vom flüssigen Jod und verflüssigten Schwefeldioxyd gibt es aber noch andere „wasserähnliche" Lösungsmittel, die weder Wasserstoff noch einen hydroxylähnlichen Rest enthalten. Aus Arbeiten amerikanischer Forscher geht hervor, daß hier Phosgen (11) $COCl_2$, Selenylchlorid (12) $SeOCl_2$ und außerdem noch andere Substanzen (5) zu nennen wären. Aus dem Darstellungsverfahren für Essigsäureanhydrid aus Acetylchlorid und Azetat, aus neueren Untersuchungen von F. SEEL (13) und aus einigen orientierenden Experimenten von H. SCHMIDT (14) ergibt sich, daß offenbar auch Essigsäureanhydrid $(CH_3CO)_2O$ ein solches „wasserähnliches" Lösungsmittel im weiteren Sinne des Wortes ist. Es löst eine ganze Reihe organischer und anorganischer Stoffe auf. Während Essigsäureanhydrid im reinen Zustande den elektrischen Strom nur sehr wenig leitet, leiten die Auflösungen von Substanzen in ihm vielfach recht gut, die Stoffe liegen also elekrolytisch dissoziiert in Lösung vor. Die schwache Eigenleitfähigkeit des Essigsäureanhydrids muß auf eine geringfügige Dissoziation etwa in Acetylionen und Acetationen zurückgeführt werden:

$$(CH_3CO)_2O \rightleftarrows (CH_3CO)^+ + (CH_3COO)^-.$$

Alle Acetylverbindungen wie Acetylchlorid CH_3COCl, Acetylborfluorid $(CH_3CO)(BF_4)$, Acetylhexachloroantimonat $(CH_3CO)(SbCl_6)$ u. a. m. würden danach „Säureanaloga", alle Acetate „Basenanaloga" sein. Und in der Tat setzen sich Acetylverbindungen und Acetate in einer neutralisationenanalogen Reaktion zu Essigsäureanhydrid und Salz um.

$$(CH_3CO)Cl + Na(CH_3COO) = (CH_3CO)_2O + NaCl \quad (a)$$

$$(CH_3CO)[BF_4] + K(CH_3COO) = (CH_3CO)_2O + K[BF_4] \quad (b)$$

$$2\,(CH_3CO)Cl + Pb(CH_3COO)_2 = 2\,(CH_3CO)_2O + PbCl_2 \quad (c)$$

$$2\,(CH_3CO)Cl + Zn(CH_3COO)_2 = 2\,(CH_3CO)_2O + ZnCl_2 \quad (d)$$

$$2\,(CH_3CO)Cl + Rb(CH_2COO)_2 = 2\,(CH_3CO)_2O + RbCl. \quad (e)$$

Das Reaktionsschema (a) gibt die Grundlage der bekannten Darstellungsmethode für Essigsäureanhydrid wieder. Den durch die Formulierung (b) dargestellten Vorgang hat F. SEEL (13) — allerdings in flüssigem Schwefeldioxyd als Solvens — konduktometrisch verfolgt und sichergestellt. Die Bildung von Essigsäureanhydrid aus Blei-, Zink- sowie Rubidiumacetat und Acetylchlorid gemäß den Formulierungen (c), (d) und (e) ist präparativ-chemisch und durch konduktometrische Titrationen in Essigsäureanhydrid als Lösungsmittel von H. SCHMIDT (14) nachgewiesen. Der Verlauf der konduktometrischen Titration von Acetylchlorid mit Zinkacetat (Fig. 3) und von Rubidiumacetat mit Acetylchlorid (Fig. 4) ist in den beiden untenstehenden Kurvenzügen wiedergegeben.

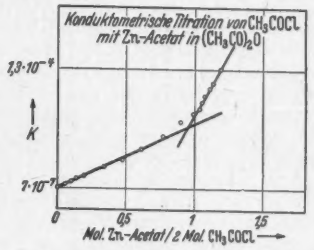


Fig. 3. Konduktometrische Titration von Acetylchlorid mit Zinkacetat in Essigsäureanhydrid.

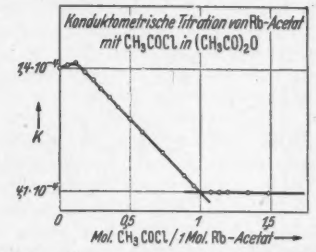


Fig. 4. Konduktometrische Titration von löslichem Rubidiumacetat mit Acetylchlorid in Essigsäureanhydrid.

IV. Die Bedeutung der Untersuchungen über die Chemie in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln für Fragen der allgemeinen Chemie.

1. Bemerkungen zur Säuren-Basen-Theorie.

Die Untersuchungen über die Chemie in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln und ihre Ergebnisse berühren nun eine Reihe von nicht unwichtigen Problemen und Gebieten der allgemeinen und der präparativen Chemie. Das ist zunächst einmal der Fall im Hinblick auf die Vorstellungen über den Neutralisationsvorgang und die Frage nach den wesentlichen Funktionen von Säure, Base und Salz. Historisch gesehen haben sich die Begriffe Säure, Base, Salz, Solvolyse, Amphoterie im Laufe der Zeit bei Untersuchungen über die Umsetzungen in wässerigen Lösungen entwickelt. Man bezeichnet danach als Säure eine Substanz, die in Wasser aufgelöst H^+-Ionen, also den positiven, lösungsmitteleigenen Bestandteil, abspaltet, und als Base einen Stoff, der in Wasser aufgelöst OH^--Ionen, also den negativen, lösungsmitteleigenen Bestandteil abdissoziiert. Beim Zusammenbringen der beiden

Systeme wird das wenig dissoziierte Wasser, also das Lösungsmittel selbst, gebildet, und es resultiert eine Salzlösung; das ist der Neutralisationsvorgang.

Wir haben gesehen, daß sich diese Anschauungen über Säure, Base und Salz sowie über das Wesen des Neutralisationsvorganges sinngemäß ohne Schwierigkeiten auch auf die Chemie in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln übertragen lassen. Man darf aber, um den Sinn der einmal an der Chemie in Wasser entwickelten und festgelegten Begriffe nicht zu entstellen, nicht allgemein von Säure, Base und Neutralisation reden, sondern muß von „Säurenanalogon", „Basenanalogon" und „neutralisationenanaloger" Umsetzung sprechen. Und das haben wir ja auch stets getan! Wir verstanden unter einem „Säurenanalogon" einen Stoff, der in einem wasserähnlichen Solvens gelöst den positiven, lösungsmitteleigenen Bestandteil abdissoziiert, und unter einem „Basenanalogon" eine Substanz, welche den negativen, lösungsmitteleigenen Bestandteil abspaltet. Beide setzen sich beim Zusammengeben ihrer Auflösungen in einer „neutralisationenanalogen" Reaktion um und bilden Moleküle des wenig dissoziierten „wasserähnlichen" Lösungsmittels sowie ein Salz.

Bei all den behandelten Reaktionstypen wie Neutralisationsvorgänge, solvolytische Umsetzungen, Reaktionen amphoterer Substanzen, Überführung potentieller Elektrolyte in wahre Elektrolyte spielen, was immer wieder unterstrichen werden muß, die Moleküle des jeweiligen Lösungsmittels eine wesentliche und entscheidende Rolle, ohne welche der Ablauf der Reaktion nicht möglich ist. Eine umfassende Säuren-Basen-Theorie muß alle diese Verhältnisse berücksichtigen und das tut die aus der ARRHENIUS-Theorie der elektrolytischen Dissoziation wässeriger Lösungen weiterentwickelte und dargelegte Auffassung auch vollkommen. Die ARRHENIUS-Theorie hat also eine große Fruchtbarkeit und Anpassungsfähigkeit gezeigt. Die Chemie in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln mutet überhaupt an wie eine interessante Variationenfolge zu einem von ARRHENIUS gegebenen Thema.

Bei weitem nicht so umfassend ist die Theorie der Säuren-Basen-Funktion von BRÖNSTED (15), welche namentlich in der skandinavischen und englisch-amerikanischen Fachliteratur Beachtung gefunden hat. Nach BRÖNSTED wird unter einer Säure bzw. einem Protonendonator bzw. Dysprotid eine Substanz verstanden, welche positive H^+-Ionen abzuspalten vermag, und unter einer Base bzw. einem Protonenakzeptor bzw. Emprotid ein Stoff, welcher H^+-Ionen anzulagern vermag (16).

Dysprotid $\rightleftharpoons$	Korrespondierendes Emprotid	+ Proton
D $\rightleftharpoons$	E	$+ H^+$
$NH_4^+ \rightleftharpoons$	NH_3	$+ H^+$
HCl $\rightleftharpoons$	Cl^-	$+ H^+$

Bei chemischen Umwandlungen treten nun aber Protonen niemals in größerer Menge *frei* auf. Damit nun eine nennenswerte Menge des Dysprotids D_1 sich in das korrespondierende Emprotid E_1 umwandeln kann, muß noch ein zweites Emprotid E_2 zugegen sein, welches die abgespaltenen Protonen aufnimmt und dabei in das korrespondierende Dysprotid D_2 übergeht

Dysprotid 1	+	Emprotid 2	$\rightleftharpoons$	Dysprotid 2	+	Emprotid 1	
HCl	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	$(H_3O)^+$	+	Cl^-	(1)
HCl	+	NH_3	$\rightleftharpoons$	$(NH_4)^+$	+	Cl^-	(2)
H_2O	+	NH_3	$\rightleftharpoons$	$(NH_4)^+$	+	$(OH)^-$	(3)

Diese Betrachtungsweise, bei welcher also der Protonenaustausch beherrschende Überschrift ist, stellt ebenfalls enge Beziehungen zwischen einigen Erscheinungen her, zwischen denen früher kaum Beziehungen zu erkennen waren, z. B. zwischen der elektrolytischen Dissoziation einer Säure in Wasser, Gl. (1), und der Absättigung einer Säure durch eine Anhydrobase, Gl. (2), und der Bildung einer Base aus einer Anhydrobase und Wasser, Gl. (3). Ferner kann man die BRÖNSTEDsche Betrachtungsweise auch auf das Verhalten von Säuren (Protonendonatoren, Dysprotiden) in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln im engeren Sinne des Wortes anwenden, welche also nur aus Wasserstoff und einem mehr oder weniger hydroxylähnlichen Rest bestehen wie HF, H_3N, H_2S, HCN, $H(CH_3COO)$ usw. Die Anwendung ist aber auf diese Solventien beschränkt! Bei der Chemie in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln im weiteren Sinne des Wortes wie verflüssigtes Schwefeldioxyd, geschmolzenes Jod, Essigsäureanhydrid u. a. m. hilft die BRÖNSTEDsche Theorie der Säuren-Basen-Funktion jedoch nicht weiter. Die Moleküle dieser Solventien und der Stoffe, welche den positiven, lösungsmitteleigenen Bestandteil abdissoziieren, können ja gar nicht als Protonendonatoren bzw. Dysprotide fungieren!

2. Einheitliche Gesichtspunkte hinsichtlich der Chemie zahlreicher Komplexverbindungen.

Auch die Chemie zahlreicher Komplexverbindungen erscheint durch die Untersuchungen über das Verhalten der Stoffe in Wasser und in nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln vielfach in einem neuen Licht. Es ergeben sich Beziehungen genetischer und verwandtschaftlicher Art zwischen Verbindungsklassen, zwischen denen man so nahe Berührungen kaum vermutet. Aus der tabellarischen Übersicht über Beispiele für Typen von Reaktionen amphoterer Substanzen in Wasser und in einigen nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln (Seite 171) geht

unzweideutig hervor, daß z. B. die Aluminate, die Ammonozinkate, die Sulfosalze, die komplexen Cyanide und die komplexen Sulfite nach dem völlig gleichen Schema aus den einfachen Salzen entstehen; dazu kommen noch, wie wir bei der Besprechung der Chemie in flüssigem Jod sahen, die komplexen Jodide, ferner auch noch die Verbindungen mit Azetatokomplexen. Es wechselt von Fall zu Fall nur das „wasserähnliche" Lösungsmittel und mit ihm jeweils das fällende und schließlich im Überschuß hinzuzusetzende „Basenanalogon".

V. Einfluß des Solvens auf das chemische Verhalten der gelösten Stoffe. Besonderheiten.

Bei aller Parallelität der für die „wasserähnlichen" Lösungsmittel typischen Reaktionen bestehen aber natürlich auch recht erhebliche Abstufungen und Unterschiede hinsichtlich des chemischen Verhaltens der Stoffe in den einzelnen Lösungsmitteln. Auf einige charakteristische Besonderheiten und die damit im Zusammenhang stehenden Probleme sei zum Schluß noch hingewiesen. Wir werden sehen, daß die Ergebnisse eines solchen Vergleichens sowohl für die allgemeine Chemie als auch für die präparative Chemie von Bedeutung sind und auch noch weiterhin zu werden versprechen.

Eine Besonderheit für die Chemie der in wasserfreier Flußsäure gelösten Stoffe ist die Tatsache, daß in ihr praktisch alle gelösten Substanzen, wie K. FREDENHAGEN (1) gezeigt hat, entweder solvolysiert werden oder als potentielle Elektrolyte fungieren. Dabei bilden sich stets negative Fluorionen und ferner mancherlei Kationen von zum Teil bisher unbekannter und ungewöhnlicher Zusammensetzung. Folgende Beispiele illustrieren das Gesagte:

(a) $KCl + HF = K^+ + F^- + HCl$,
$RbBr + HF = Rb^+ + F^- + HBr$,
$NaN_3 + HF = Na^+ + F^- + HN_3$.

(b) $H_2O + HF = (H_3O)^+ + F^-$,
$H(CH_3COO) + HF = [(CH_3COOH)\cdot H]^+ + F^-$,
$HO\cdot NO_2 + HF = [(HO\cdot NO_2)\cdot H]^+ + F^-$.

(c) $K(CH_3COO) + 2\,HF = K^+ + [(CH_3COOH)\cdot H]^+ + 2\,F^-$.

Die Reaktionen der Gruppe (a) stellen Solvolysereaktionen vor, welche zwischen den Halogeniden, Pseudohalogeniden sowie vielen anderen Salzen einerseits und dem Fluorwasserstoff als Solvens andererseits stattfinden; bei den Reaktionen der Gruppe (b) handelt es sich um die Überführung potentieller Elektrolyte in wahre Elektrolyte, wenn die genannten Substanzen in Flußsäure eingetragen werden; die Reaktion (c) trägt gemischten Charakter.

Aus allem, was bisher über die Auflösungen von Substanzen in wasserfreiem Fluorwasserstoff bekannt geworden ist, geht also hervor, daß dabei praktisch fast stets „basenanaloge" Stoffe gebildet werden, sei es durch Solvolysereaktionen, sei es durch Umsetzungen von der Art der Überführung „potentieller Elektrolyte" in wahre Elektrolyte. Das ist vergleichsweise dasselbe, als gäbe es mit Wasser als Solvens nur Lösungen, welche $(OH)^-$-Ionen enthalten, also basisch reagieren. Daraus ergibt sich zwangsläufig die Tatsache, daß in Lösungen mit wasserfreiem, verflüssigtem Fluorwasserstoff der weitverbreitete Reaktionstyp der „neutralisationenanalogen" Umsetzungen so gut wie ganz fehlen muß. Damit entfällt natürlich gleichzeitig die Erscheinung der Amphoterie! Auch die Tatsache sei hier erwähnt, daß die Auflösungen von Stoffen in Flußsäure entweder solche von Nichtelektrolyten oder solche von starken Elektrolyten sind. Die bei Wasser und den anderen nichtwässerigen aber „wasserähnlichen" Lösungsmitteln so häufig auftretenden Lösungen mittelstarker und schwacher Elektrolyte fehlen in verflüssigtem Fluorwasserstoff so gut wie vollständig (20).

Die Chemie in wasserfreiem Fluorwasserstoff erscheint demnach in mancher Hinsicht einmal gegensätzlicher, dann aber auch einförmiger als z. B. die Chemie in Wasser oder in verflüssigtem Ammoniak als Solvens, welche mehr Übergänge hat und nuancierter, vielgestaltiger und abwechslungsreicher ist.

Mildere Solventien als wasserfreie Flußsäure sind Wasser und verflüssigtes Ammoniak. Die Chemie in diesen beiden Lösungsmitteln und ihre Hauptcharakteristika sind allgemein so gut bekannt, daß hierüber bei einer kurzgefaßten Übersicht über die Chemie in „wasserähnlichen" Lösungsmitteln nichts weiter gesagt zu werden braucht. Über die Chemie in verflüssigtem Ammoniak ist von E. C. FRANKLIN (3) bereits im Jahre 1935 eine zusammenfassende Monographie erschienen, welche die Grundlagen und alle Besonderheiten sowie die weitgehende Bedeutung und Anwendbarkeit für Fragen der allgemeinen und der präparativen Chemie dartut.

Von den beiden Solventien ist nun Wasser entschieden aggressiver in bezug auf die aufgelösten Substanzen als verflüssigtes Ammoniak. Das geht z. B. besonders eklatant aus der Tatsache hervor, daß Wasser die freien Alkali- und Erdalkalimetalle angreift und unter Wasserstoffentwicklung in Hydroxyde überführt, während wasserfreies, verflüssigtes Ammoniak bei tieferen Temperaturen die leichteren Alkalimetalle und die Erdalkalimetalle ohne Reaktion auflöst und mit ihnen die so interessanten und für mancherlei Reduktionen benutzten, tiefblauen Lösungen bildet, welche verdünnt elektrolytisches, konzentriert aber metallisches Leitvermögen besitzen. Diese Auflösungen der Alkalimetalle in verflüssigtem Ammoniak haben es besonders E. ZINTL (17) und seinen Mitarbeitern, vor ihm aber auch schon anderen Forschern ermöglicht,

ihre aufschlußreichen Untersuchungen über die salzartigen und legierungsartigen intermetallischen Verbindungen sowie über die eigenartigen polyanionigen Salze vom Typus $Na_4[Pb(Pb_6)]$, $Na_4[Pb(Pb)_6]$, $Na_4[Sn(Sn)_6]$ usw. durchzuführen.

Von den besprochenen Lösungsmitteln steht flüssiger Schwefelwasserstoff gleichsam an der Grenze zwischen den typisch „wasserähnlichen" Solventien und den organischen Lösungsmitteln etwa von der Art des Benzols. Gleichwohl sind in ihm zahlreiche Solvolysereaktionen beobachtet worden. Viele Silber-, Quecksilber-, Blei-, Kadmiumverbindungen werden in flüssigem Schwefelwasserstoff mehr oder weniger schnell thiohydrolysiert. Das hängt mit der ganz ungemein geringen Löslichkeit der Metallsulfide in flüssigem Schwefelwasserstoff zusammen. Es entsteht also bei der Thiohydrolyse Metallsufid und die in Freiheit gesetzte Verbindung. Man kann daran denken, diese Reaktion gelegentlich bei präparativen Arbeiten zu verwerten, da das Metallsulfid leicht durch Filtration, der flüssige Schwefelwasserstoff bequem durch Abdunsten entfernt werden kann.

Auch noch in anderer Hinsicht bietet die Chemie in verflüssigtem Schwefelwasserstoff größere Beachtung und Probleme. Bei Leitfähigkeitsuntersuchungen hat sich nämlich gezeigt, daß sich in diesem Solvens manche Elektrolyte anders verhalten als in wässeriger Lösung. In wässeriger Lösung nimmt im allgemeinen die Äquivalentleitfähigkeit mit wachsender Verdünnung zu und nähert sich asymptotisch einem höchsten Grenzwert bei unendlicher Verdünnung. In verflüssigtem Schwefelwasserstoff aber zeigen manche mittelstarke Elektrolyte wie z. B. Antimontrichlorid und einige substituierte Ammoniumsulfhydrate ein entgegengesetztes Verhalten. Mit wachsender Verdünnung nimmt hier das Äquivalentleitvermögen ab! Nur die Auflösung des elementaren Jods, welches sich in flüssigem Schwefelwasserstoff ohne Reaktion löst und nach dem Verdunsten unverändert wiedergewonnen werden kann, benimmt sich wie die eines normalen mittelstarken Elektrolyten. Jod dissoziiert aller Wahrscheinlichkeit nach gemäß dem Schema

$$J_2 = J^+ + J^-.$$

Worauf bei den Lösungen von Antimontrichlorid und der substituierten Ammoniumsulfhydrate die Abweichungen vom Verhalten normaler Elektrolyte zurückzuführen sind, müssen eingehendere Untersuchungen (Molekulargewichtsbestimmungen, potentiometrische und konduktometrische Messungen sowie präparative Versuche) lehren. Ähnliche Verhältnisse hinsichtlich der Abnahme des Äquivalentleitvermögens mit zunehmender Verdünnung sind übrigens auch in anderen „wasserähnlichen" Solventien, wie verflüssigtes Schwefeldioxyd und wasserfreies, flüssiges Ammoniak, beobachtet worden.

Die Chemie in wasserfreier Blausäure hat natürlich ebenfalls ihre besondere Note! Auf viele Einzelheiten kann jedoch bei dieser kurzen Übersicht nicht eingegangen werden. Es seien aber wenigstens zwei Punkte hervorgehoben. Gerade bei den Untersuchungen über die Löslichkeit anorganischer und organischer Stoffe in wasserfreier Blausäure hat sich ergeben, daß von einer strengen Parallelität des Lösungs- und Ionisierungsvermögens eines Solvens mit seiner Dielektrizitätskonstanten nicht gesprochen werden kann. Diese Annahme ist ja bekanntlich der Inhalt der sogenannten NERNST-THOMSON-Regel. Blausäure hat nun eine verhältnismäßig sehr hohe Dielektrizitätskonstante, eine viel höhere als flüssiger Fluorwasserstoff, Wasser oder erst recht als verflüssigtes Ammoniak; bezüglich ihres Lösungs- und Ionisierungsvermögens für Substanzen rangiert Blausäure aber im großen ganzen doch hinter Fluorwasserstoff, Wasser und Ammoniak. In der Tabelle 1 sind die Molvolumina, Dielektrizitätskonstanten und Dipolmomente der „wasserähnlichen" Lösungsmittel HF, H_2O, NH_3, H_2S, HCN und SO_2 miteinander verglichen.

Tabelle 1. Die Molvolumina beim Siedepunkt, Dielektrizitätskonstanten und Dipolmomente von einigen „wasserähnlichen" Lösungsmitteln.

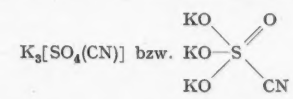
Eigenschaften \ Solvens	HF	H_2O	H_3N
Molvolumen beim Siedepunkt	20,8	18,8	24,9
Dielektrizitätskonstante	83,6 (0°)	81 (18°)	22 (−34°)
Dipolmoment · 10^{18} (elektrst. E. × l)	1,58	1,84	1,47

Eigenschaften \ Solvens	H_2S	H(CN)	SO_2
Molvolumen beim Siedepunkt	35,9	39,7	44
Dielektrizitätskonstante	10,2 (−60°)	123 (15,6°)	13,8 (+ 14,5°)
Dipolmoment · 10^{18} (elektrst. E. × l)	1,84	2,8	1,61

Eine weitere interessante Angelegenheit im Rahmen der Chemie in Blausäure ist das Verhalten einiger sauerstoffhaltiger Säuren in diesem Lösungsmittel. Die Schwefelsäure H_2SO_4 ist in Wasser eindeutig eine zweibasische Säure, in Blausäure aber fungiert sie offenkundig als höherbasische, mindestens als dreibasische Säure. Der in Fig. 5 wiedergegebene Kurvenzug zeigt den Verlauf der potentiometrischen Titration (18) einer Lösung von Schwefelsäure in wasserfreiem Cyanwasserstoff mit Kaliumcyanid unter Verwendung von Kupferelektroden.

Aus dem Kurvenzug geht eindeutig hervor, daß der Hauptpotentialsprung nach Zugabe von

3 Mol des „Basenanalogons" Kaliumcyanid zum „Säureanalogon" Schwefelsäure erfolgt. Es muß sich also ein Salz der Zusammensetzung



$K_3[SO_4(CN)]$ bzw. $KO-S(=O)(-KO)-CN$

gebildet haben. Es handelt sich demnach um das Trikaliumsalz einer Cyano-Schwefelsäure. Präparative Versuche bestätigen den Befund durch die Isolierung dieses Trikaliumsalzes. Die feste, nicht ionisierbare Bindung des Cyans an die Schwefelsäure geht auch daraus hervor, daß die Blausäure, welche durch freie Cyanionen relativ schnell unter Dunkelbraunfärbung verharzt, solange unverharzt bleibt, bis zu ihr pro 1 Mol gelöster Schwefelsäure 3 Mol Kaliumcyanid hinzugesetzt sind. Erst bei einem höheren Kaliumcyanidzusatz tritt dann rasch Bräunung und Verharzung ein.

Wir sehen also auch hier mancherlei bemerkenswerte Probleme und erfolgversprechende weitere chemische Untersuchungen.

Über die Chemie der Stoffe in verflüssigtem Schwefeldioxyd als Solvens liegt zwar bereits ein etwas umfangreicheres Untersuchungsmaterial (5) (6) vor, aber man hat gleichwohl von ihr noch kein so umfassendes und in seinen Einzelheiten klares Bild wie z. B. von der Chemie der in wasserfreiem Ammoniak gelösten Substanzen. Es sind viele Besonderheiten vorhanden und es bieten sich vielerlei Probleme für zahlreiche weitere Experimentaluntersuchungen. In dem gegebenen Rahmen kann hiervon leider ebenfalls nur wenig angedeutet werden (19).

Das verflüssigte Schwefeldioxyd ist nur äußerst schwach dissoziiert und zerfällt dabei in ein doppelt positiv geladenes SO^{++}-Ion und in ein ebenfalls doppelt geladenes negatives SO_3^{--}-Ion:

$$2\,SO_2 \rightleftharpoons SO^{++} + SO_3^{--}.$$

Das ist in qualitativer und quantitativer Hinsicht ein großer Unterschied im Vergleich mit den Dissoziationsprodukten der wasserstoffhaltigen, „wasserähnlichen" Solventien wie Flußsäure, Wasser, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Blausäure usw. Dadurch wird nämlich bedingt, daß bei den typischen Reaktionen der „wasserähnlichen" Lösungsmittel ganz anders geartete Reaktionsprodukte auftreten. Die Überführung potentieller Elektrolyte vom Typus des Ammoniaks und der Amine in wahre Elektrolyte gestaltet sich bei der Verwendung von flüssigem Schwefeldioxyd als Solvens verglichen mit dem gleichen Reaktionstyp unter Verwendung von Wasser als Lösungsmittel daher folgendermaßen:

$$2\,H_3N + 2\,HOH = 2(NH_4)OH$$
$$2\,(C_2H_5)_3N + 2\,HOH = 2\,[(C_2H_5)_3NH]OH$$
$$2\,(C_2H_5)_3N + 2\,SO_2 = \{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}SO_3$$

oder generell

$$2\,\text{>N} + 2\,SO_2 = \{[\text{>N}]_2SO\}SO_3$$
$$= \{[\text{>N}]_2SO\}^{++} + SO_3^{--}.$$

Es müßten sich danach beim Auflösen von Aminen in verflüssigtem Schwefeldioxyd substituierte Thionyl-Diammonium-Sulfite bilden, welche „Basenanaloga" sind. Und das ist offenbar auch der Fall! Beim Eintragen von Aminen in flüssiges Schwefeldioxyd beobachtet man eine starke Wärmetönung, die Lösung nimmt eine gelbe Farbe an und zeigt ein nicht unerheblich stärkeres Leitvermögen als das reine Lösungsmittel „Schwefeldioxyd". Die Gleichgewichtslage

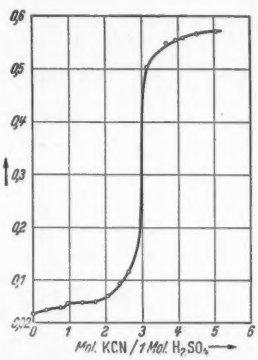


Fig. 5. Potentiometrische Titration von Schwefelsäure, gelöst in wasserfreier Blausäure mit Kaliumcyanid als Basenanalogon.

hängt wie bei wässerigen Lösungssystemen von der Beschaffenheit des Amins ab! Daß nun beim Eintragen von Aminen in flüssiges Schwefeldioxyd basenanaloge Sulfite entstehen, geht aus verschiedenen Reaktionen hervor, welche von solchen Lösungen gezeigt werden. Einmal kann man sie konduktometrisch mit „Säurenanaloga" wie Thionylchlorid oder Thionylbromid titrieren; der Äquivalenzpunkt tritt hierbei den Erwartungen entsprechend als Schnittpunkt zweier Kurvenzüge deutlich hervor. Außerdem kann man Kaliumbromid und Kaliumjodid, welche in flüssigem Schwefeldioxyd löslich sind, mit Auflösungen von Aminen umsetzen; dabei bildet sich schwerlösliches basenanaloges Kaliumsulfit

$$\{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}SO_3 + 2\,KBr$$
$$= \{[(C_2H_5)_3]_2SO\}Br_2 + K_2SO_3\downarrow.$$

Weiterhin wird Jodlösung reduziert. Jod löst sich im allgemeinen in flüssigem Schwefeldioxyd mit violett-bräunlicher Farbe auf und wirkt nicht oxydierend, beim Abdunsten wird es unverändert wiedergewonnen. Sind aber Sulfitionen in etwas

größerer Menge vorhanden, dann wird es reduziert.

$$2\,SO_3^{--} + J_2 = SO_4^{--} + 2\,J^- + SO_2.$$

Es hängt also die Wirkung des Jods als Oxydationsmittel in verflüssigtem Schwefeldioxyd ebenso von der Thionyl- bzw. Sulfitionenkonzentration ab wie in wässeriger Lösung von der $[H^+]$ bzw. $[OH^-]$. Auflösungen der Amine in verflüssigtem Schwefeldioxyd wirken nun reduzierend auf Jodlösung; es müssen also Sulfitionen vorhanden sein. Der Vorgang läßt sich konduktometrisch verfolgen und verläuft gemäß dem Schema:

$$2\,\{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}SO_3 + J_2 = \{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}SO_4 + \{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}J_2 + SO_2.$$

Präparativ sind diese Thionyldiammonium-Salze außerordentlich schwer zugänglich, sie erleiden offenbar sehr leicht, z. B. schon durch Feuchtigkeitsspuren, Solvolyse

$$\{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}Br_2 + H_2O = 2\,[(C_2H_5)_3NH]Br + SO_2.$$

Darüber hinaus muß berücksichtigt werden, daß es analytisch und präparativ sehr schwer ist, zwischen einem Schwefeldioxydsolvat, z. B. des normalen Triäthylammoniumbromids, und dem Thionyldiammoniumbromid zu unterscheiden:

$$\{[(C_2H_5)_3N]_2SO\}Br_2 \text{ oder } 2\,[(C_2H_5)_3NH]Br \cdot 1\,SO_2.$$

In verdünnteren Schwefeldioxydlösungen aber — soviel erscheint sicher — liegen diese interessanten und bemerkenswerten Thionyldiammoniumverbindungen, die noch näher untersucht werden müssen, im Gleichgewicht vor.

Flüssiges Schwefeldioxyd ist ein relativ wenig agressives Solvens. Das zeigt sich z. B. darin, daß die in ihm gelösten Substanzen keineswegs in starkem Maße solvolysiert werden. Aber gerade diese milde solvolytische Beschaffenheit des Lösungsmittels birgt im Hinblick auf die präparative Chemie Möglichkeiten in sich. Es ist z. B. nicht ganz einfach, die zwischen Wolframhexachlorid und Wolframtrioxyd stehenden Oxychloride $WOCl_4$ und WO_2Cl_2 einheitlich und rein darzustellen. Unter Ausnutzung der eben geschilderten Eigenschaften des flüssigen Schwefeldioxyds gelingt es aber ohne größere Schwierigkeiten und Vorsichtsmaßregeln, Wolframoxytetrachlorid $WOCl_4$ darzustellen. Wolframhexachlorid WCl_6 löst sich beim Erwärmen mit flüssigem Schwefeldioxyd im Druckrohr bis auf etwa 60° C auf, und nach einigem Stehen scheiden sich die prächtig orangerot gefärbten, großen Kristalle des Wolframoxychlorids infolge Solvolyse aus

$$WCl_6 + SO_2 = WOCl_4 + SOCl_2.$$

Schon aus diesen wenigen Andeutungen ersehen wir, daß auch die Chemie der in wasserfreiem, flüssigem Schwefeldioxyd gelösten Substanzen ebenso wie die Chemie der in den anderen „wasserähnlichen" Solventien gelösten Stoffe weitgehende Beachtung verdient, voller ungelöster wertvoller Probleme ist und mancherlei Möglichkeiten für die allgemeine und präparative Chemie bietet.

Literatur.

1. K. FREDENHAGEN, Z. Elektrochem. **37**, 684 (1931). — Z. physik. Chem., Abt. A **164**, 176 (1933). — 2. E. C. FRANKLIN, „The Nitrogen System of Compounds" Amer. chem. Soc. Monogr., Ser. 68. New York 1935. — L. F. AUDRIETH, Angew. Chem. **45**, 385 (1932). — 3. G. JANDER u. H. SCHMIDT, Wr. Chemiker-Ztg. **46**, 49 (1943). — 4. G. JANDER u. G. SCHOLZ, Z. physik. Chem. **192**, 163 (1943). — 5. P. WALDEN u. M. CENTNERSZWER, Z. anorg. Chem. **30**, 145 (1902). — Z. physik. Chem. **42**, 432 (1903). — 6. G. JANDER, Naturwiss. **26**, 779 u. 793 (1938). — G. JANDER u. H. MESECH, Z. physik. Chem., Abt. A **183**, 121, 255, 277 (1938). — G. JANDER u. H. HECHT, Z. anorg. allg. Chem. **250**, 287, 304 (1943). — 7. W. BILTZ u. E. KENNECKE, Z. anorg. allg. Chem. **147**, 171 (1925). — A. W. RALSTON u. J. A. WILKINSON, Amer. chem. Soc. **50**, 258 (1938). — 8. A. W. DAVIDSON, Chem. Reviews **8**, 175 (1931). — 9. G. JANDER u. K. H. BANDLOW, Z. physik. Chem., Abt. A **191**, 321 (1943). — 10. M. RABINOWITSCH, Z. physik. Chem. **119**, 82 (1926). — 11. A. F. D. GERMANN, J. Amer. chem. soc. **47**, 2461 (1925). — 12. G. B. L. SMITH, Chem. Reviews **23**, 165 (1938). — 13. F. SEEL, Z. anorg. allg. Chem. **250**, 331 (1943); **252**, 24 (1943). — 14. Bisher noch nicht publizierte Versuche von Dr. H. SCHMIDT, Greifswald. — 15. J. N. BRÖNSTED, Ber. dtsch. chem. Ges. **61**, 2049 (1928). — Z. physik. Chem., Abt. A **169**, 52 (1934). — 16. Vgl. hierzu die klaren Ausführungen in H. REMYs Lehrbuch der anorg. Chemie, II. Bd., 3. Aufl., S. 689. 1942. — 17. E. ZINTL u. Mitarbeiter, Z. physik. Chem., Abt. A **154**, 1, 47 (1931). (Hier auch weitere Literatur.) — 18. Bisher noch nicht veröffentlichte Versuche von Frl. B. GRÜTTNER, Greifswald. — 19. Vgl. hierzu die ausführliche Zusammenfassung über die Chemie in flüssigem Schwefeldioxyd, Naturwiss. **26**, 778, 793 (1938). — 20. Vgl. hierzu K. WIECHERT, „Die Chemie" **56**, 333 (1943).

Kopernikanisches System und astronomische Meßkunst.

Von J. LARINK, Hamburg-Bergedorf.

1.

Man ist im allgemeinen geneigt, in dem Werk des KOPERNIKUS die Kühnheit der Idee zu bewundern, die Jahrtausende alte Lehrmeinungen über den Haufen warf und die Grundlagen schuf für die neuzeitliche Himmelskunde. Und ohne Zweifel ist diese Art der Betrachtung des Kopernikanischen Lebenswerkes berechtigt. Von diesem Gesichtspunkt aus mußte es unverständlich bleiben, daß nach dem Bekanntwerden der Gedanken-

gänge des KOPERNIKUS überhaupt noch Astronomen seine Lehre ablehnten, daß z. B. auch der große Däne TYCHO BRAHE (1546—1601) zu ihren Gegnern zählte. Tatsächlich zeigt sich aber bei näherem Zusehen, daß KOPERNIKUS wohl auf die innere Harmonie und die Schönheit seines Gedankengebäudes gegenüber den schwerfälligen Erklärungen der Alten hinweisen konnte, daß er aber direkte empirische Beweise für die Richtigkeit seines Systems ganz und gar schuldig bleiben mußte: Mit den Instrumenten der Zeitgenossen des KOPERNIKUS und auch noch mit den Instrumenten der nächsten zwei Jahrhunderte gemessen, sind die „KOPERNIKUS-Effekte" Größen höherer Ordnung.

Man kann im wesentlichen drei direkte Beweise für die Richtigkeit des Kopernikanischen Systems anführen:

Steht die Erde nicht mehr fest im Mittelpunkt des Weltalls, sondern bewegt sie sich im Laufe eines Jahres um die Sonne, so müssen die Fixsterne in derselben Zeit ihre Lage an der Himmelskugel relativ zueinander ändern, da wir sie ja von verschiedenen Standpunkten aus beobachten. Das Fehlen dieser scheinbaren Verschiebungen oder Parallaxen wurde von den Zeitgenossen des KOPERNIKUS als Beweis gegen die Richtigkeit seiner Ansichten aufgefaßt. KOPERNIKUS ist dem Einwand mit dem Hinweis auf die große Entfernung der Fixsterne und die daraus folgende Kleinheit der Fixsternparallaxen entgegengetreten. TYCHO BRAHE empfand die Schwierigkeit so stark, daß er sich ein eigenes System ausdachte, das die Erde als relativ zu den Fixsternen ruhend ansah, bei dem die Sonne sich um die Erde und die Planeten wie bei KOPERNIKUS sich um die Sonne bewegten.

Man wird aber auch heute noch, 400 Jahre nach dem Tode des KOPERNIKUS, jedesmal dem höchsten Erstaunen über die unvorstellbare Größe des Universums begegnen, wenn man einem Laien erzählt, daß das Licht einige *Stunden* braucht, um von dem äußersten Planeten, aber fast $4^1/_2$ *Jahre*, um von dem allernächsten Fixstern zu uns zu kommen. Dieser unser nächster Nachbar im Weltraum, der Stern α Centauri, hat eine Parallaxe von 0,75 Bogensekunden (0,75″), d. h. von ihm aus gesehen erscheint der Halbmesser der Erdbahn unter einem Winkel von 0,75″. Allgemein kann man sagen, daß jeder Stern an der Himmelskugel im Laufe eines Jahres eine Ellipse beschreibt, deren große Halbachse durch seine Parallaxe gegeben ist, während die kleine Halbachse vom Winkelabstand des Sterns von der Ekliptik abhängt. Ein Stern in der Ekliptik selbst pendelt um den doppelten Betrag seiner Parallaxe im Laufe eines Jahres hin und her. Aus der Zahlenangabe für die Parallaxe des nächsten Fixsterns wird verständlich, daß es erst etwa 300 Jahre nach dem Tode des KOPERNIKUS gelang, diesen Effekt nachzuweisen.

Ein zweiter Beweis — in geschichtlicher Reihenfolge der erste — wurde von dem englischen Astronomen J. BRADLEY (1692—1762) geliefert, indem er ganz unerwartet im Jahre 1726 die Aberration des Lichtes fand bei dem vergeblichen Versuch, die Parallaxe eines Fixsterns zu messen.

Denken wir uns ein senkrecht aufgestelltes Fernrohr, in das die Lichtstrahlen von einem Stern einfallen. Bewegen wir jetzt das Fernrohr — parallel zu sich selbst — senkrecht zur Richtung des einfallenden Lichtes, so müssen wir zugleich das Fernrohr neigen, wenn wir die Lichtstrahlen von dem Stern durch das Fernrohr in unser Auge leiten wollen. Der Neigungswinkel, in absolutem Winkelmaß gemessen, ist das Verhältnis der Fernrohrgeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit. Da sich die Erde mit etwa 30 km in der Sekunde um die Sonne bewegt, hat der „Aberrationswinkel" die Größe $\frac{30}{300.000}$, in dem gewohnten Winkelmaß gemessen etwa 20,5″. Die „Aberrationsellipse", die alle Sterne, unabhängig von ihrer Entfernung von uns, im Laufe eines Jahres an der Himmelskugel beschreiben, hat also eine große Achse von etwa 41″, eine Größe, die sich heute schon mit verhältnismäßig einfachen Mitteln nachweisen läßt.

Von ganz anderer Art ist der dritte empirische Beweis für die Richtigkeit der Kopernikanischen Lehre. Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, daß es möglich ist, nach dem DOPPLERschen Prinzip (1) aus den Verschiebungen der Linien in den Spektren der Sterne auf die Bewegung der Sterne in der Gesichtslinie, also auf uns zu und von uns weg, zu schließen. Wenn die Erde sich im Laufe eines Jahres um die Sonne bewegt, wird man nur im Mittel über ein Jahr die Bewegung eines bestimmten Sternes messen können, und man wird aus der Differenz zwischen den einzelnen Messungen und ihrem Mittelwert die jeweilige Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn um die Sonne unmittelbar nachweisen können. Derartige Messungen führen übrigens, wenn man die Lichtgeschwindigkeit als bekannt annimmt, zu einer ausgezeichneten Methode der Bestimmung der Entfernung Erde—Sonne (2).

2.

In den zwei Jahrhunderten nach dem Tode des KOPERNIKUS wurden von den Astronomen die Fixsterne immer weiter in den Weltraum hinein versetzt. Man begann damit, daß man sagte, die Fixsterne müßten außerhalb der Sphäre des Saturn liegen, und BRADLEY, der Entdecker der Aberration, bemerkt in einer Mitteilung seiner Entdeckung, daß die Parallaxe des von ihm beobachteten Sterns γ Draconis kleiner als 2″ sein müsse. Die Fixsternentfernungen werden damit im Verhältnis von etwa 10000 : 1 vergrößert. In demselben Maße wachsen die Anforderungen, die an die Beobachtungsgenauigkeit gestellt wer-

den müssen, wenn man Aussicht haben will, die Parallaxen zu messen. Man kann so von einem gewaltigen indirekten Einfluß des KOPERNIKUS auf die weitere Entwicklung der Astronomie und insbesondere der astronomischen Meßkunst sprechen. Seit den Zeiten der griechischen Astronomen bis in die Zeit der Renaissance hinein waren die Meßwerkzeuge kaum weiter entwickelt worden. Eine Veranlassung dazu wurde vor allen Dingen deswegen nicht empfunden, weil der innere Trieb zur Genauigkeit im heutigen Sinne wohl noch ganz fehlte. Von KOPERNIKUS selbst

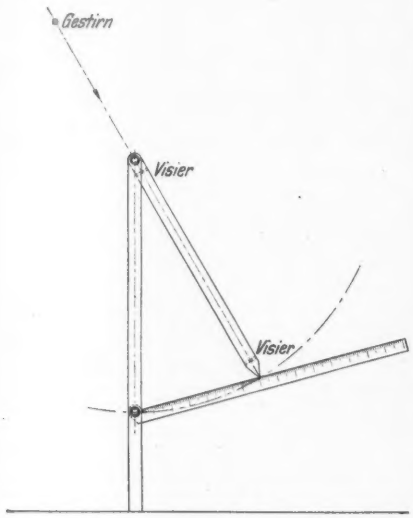


Fig. 1. Triquetrum oder Parallaktisches Lineal.

weiß man, daß er mit einem selbstgefertigten Triquetrum oder parallaktischen Lineal beobachtete, wie es schematisch unsere Fig. 1 zeigt. Das Instrument des KOPERNIKUS, in Fichtenholz ausgeführt und mit Tintenstrichen geteilt, ist später im Besitz von TYCHO gewesen, der es beschrieben hat. Es bestand aus einem senkrecht eingerammten Pfahl, an dem zwei Leisten durch Scharniere drehbar befestigt waren. Die eine Leiste trug zwei Visiere, ersetzte also unser Fernrohr, die andere trug die Teilung. Bei der Beobachtung eines Gestirns wurde die obere Leiste auf die untere gesetzt und die Teilung an dieser Stelle abgelesen. Die Genauigkeit, die sich mit solchen Instrumenten erreichen ließ, mag etwa 10 Bogenminuten (10′) betragen haben.

Ein großer Fortschritt im Bau astronomischer Instrumente wurde aber noch vor der Erfindung des Fernrohrs erreicht durch die Bemühungen des Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen (1532 bis 1592) und seiner Mitarbeiter, vor allem aber durch die Arbeiten TYCHO BRAHES. TYCHO gelang es, durch Ausführung der Instrumente in Metall unter gleichzeitiger Vergrößerung der Dimensionen die bis dahin unerreichte Meßgenauigkeit von 1′ zu erzielen, die die höchste Genauigkeit darstellt, die man ohne Anwendung des Fernrohrs überhaupt erreichen kann, weil eine Bogenminute ungefähr dem Abstand der eigentlichen Sehorgane in der Netzhaut des menschlichen Auges entspricht (Fig. 2 und 3).

Das von TYCHO mit seinen Instrumenten gewonnene Beobachtungsmaterial und insbesondere seine Marsbeobachtungen kamen durch einen der größten Glücksfälle in der Geschichte der Naturwissenschaften in die Hände von KEPLER (1571 bis 1630), der daraus in mühseliger Arbeit die Gesetze der Planetenbewegungen ableitete. Sie lieferten zwar auch noch keinen strengen Beweis für die Richtigkeit des Kopernikanischen Systems, aber dadurch, daß sie die Sonne in den Brennpunkt der Bahnellipse eines jeden Planeten setzten, wurde doch der Übergang von der rein geometrischen zur dynamischen Betrachtungsweise zum mindesten vorbereitet, die dann in der Entdeckung des allgemeinen Anziehungsgesetzes durch NEWTON (1643—1727) vollendet wurde. Die mit NEWTONS Entdeckung gekrönte Bewährung des Kopernikanischen Systems, soweit es um das Verständnis der Bewegungen innerhalb des Sonnensystems ging, hat die Überzeugung von der Richtigkeit der Kopernikanischen Lehre bei den Astronomen endgültig gefestigt. Diese Bewährung blieb aber indirekt, so daß man die Suche nach den Fixsternparallaxen nicht aufgab, eine Suche, deren Erfolg ganz von der Steigerung der Genauigkeit der Meßinstrumente abhing.

Ein Fortschritt im Bau der Instrumente nach TYCHO war jedoch erst möglich, als man gelernt hatte, das Fernrohr als einen Teil der astronomischen Meßwerkzeuge zu benutzen, was um das Jahr 1640 geschah. Inzwischen ist diese Verbindung so eng geworden, daß die Begriffe „Fernrohr" und „Astronomisches Instrument" für den Laien fast ganz zusammenfallen. Aber noch um 1680 blieb der Danziger Bürgermeister und Astronom J. HEVELIUS (1611—1687) für Meßzwecke bei den altertümlichen Visiereinrichtungen ohne Fernrohr, obwohl er bereits das Fernrohr kannte und benutzte.

Etwa von dieser Zeit an entwickeln sich die astronomischen Meßwerkzeuge nach verschiedenen Richtungen hin. Um das Jahr 1700 baut OLE RÖMER (1644—1710) in Kopenhagen das Instrument, das Fig. 4 wiedergibt. Ganz ohne nachweisbare Vorläufer haben wir hier den ersten „Meridiankreis" vor uns. Wir haben die fest in der Ost-West-Richtung gelagerte Drehachse, senkrecht daraufgesetzt ein Fernrohr, dessen optische Achse also immer in der Ebene des Meridians bleibt. Senkrecht auf die Drehachse ist fer-

ner ein Teilkreis oder, wie in der wiedergegebenen Abbildung, ein Stück eines Kreises gesetzt.

Die Theorie des Meridiankreises ist außerordentlich einfach, da bei dem als fehlerfrei gedachten Instrument der Antritt eines Sterns an den vertikalen in der Brennebene ausgespannten

gungen der Fixsterne und über die Lage der Fundamentalebenen. Die Meridiankreise sind, kurz gesagt, die Instrumente der Fundamentalastronomie geworden.

RÖMER ist aber fast ein Jahrundert lang ohne Nachahmer geblieben. In dieser Zwischenzeit galt

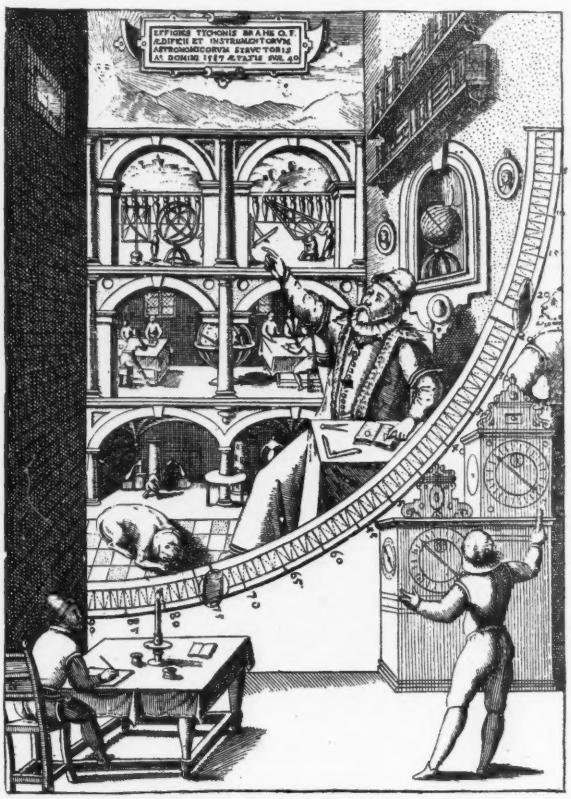


Fig. 2. Mauerquadrant von TYCHO BRAHE. (Aus dem Werke JOH. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908 und 1914.)

Meßfaden nach dem Schlag einer Pendeluhr beobachtet werden kann und dann unmittelbar die Rektaszension, die eine der Koordinaten des Sterns an der Sphäre, ergibt. Die Ablesung der Stellung des Fernrohrs an dem geteilten Kreise aber ergibt die Höhe des Sterns über dem Horizont und auf dem Umweg über die geographische Breite des Beobachtungsortes die zweite Koordinate des Sterns, seine Deklination.

Den Instrumenten von diesem Typ verdanken wir in der Astronomie fast alles, was wir über die genauen Örter der Sterne an der Sphäre wissen, ferner unsere Kenntnisse über die Eigenbewe-

der Mauerquadrant (Fig. 5) als das Hauptinstrument für fundamentale Messungen, nur wurden die altertümlichen Visiereinrichtungen durch Fernrohre ersetzt.

Das Instrument, das in Fig. 6 dargestellt ist, kann man als einen Ausschnitt aus einem solchen Mauerquadranten auffassen. Diesen Zenitsektor, den J. BRADLEY im Jahre 1725 von G. GRAHAM (1675—1751) erbauen ließ, um damit, wie schon erwähnt, den Stern γ Draconis, der in Greenwich durch das Zenit ging, auf eine etwaige jährliche Parallaxe zu untersuchen, ist ein fest aufgestelltes Fernrohr von fast vier Meter Länge.

Nur mit Hilfe einer feinen Schraube ist das Fernrohr gegen die durch ein Lot kontrollierte Vertikale verstellbar.

Damit ist aber ein neuer Gesichtspunkt im Bau astronomischer Meßinstrumente eingeführt: Es wird darauf verzichtet, große Winkelabstände zu messen, wie das z. B. der Meridiankreis RÖMERs gestattete. Hier beim Zenitsektor sollen nur kleine Winkel, nämlich die parallaktischen Verschiebungen der Fixsterne, gemessen werden,

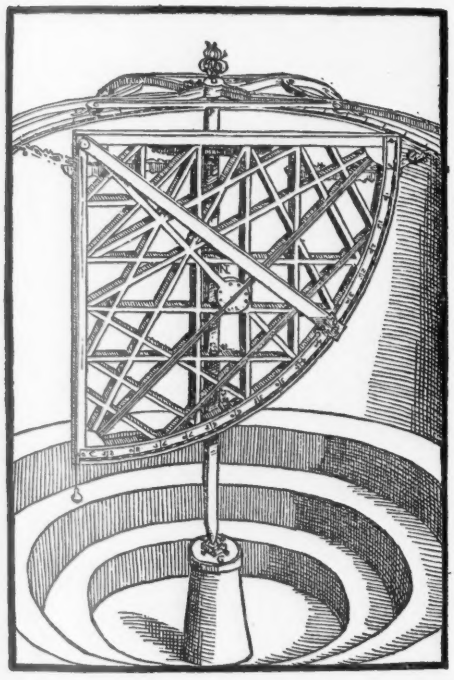


Fig. 3. Quadrant von TYCHO BRAHE. (Aus dem Werke JOH. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908 und 1914.)

diese kleinen Winkel aber mit besonderer Genauigkeit. Das geschieht durch die Meßschraube, die zwar nicht völlig fehlerfrei herstellbar ist, deren Fehler aber verhältnismäßig leicht zu bestimmen und zu berücksichtigen sind, viel leichter jedenfalls als die Teilungsfehler des Meridiankreises, die auch heute noch eine wesentliche Fehlerquelle bei diesem Instrument bilden, damals aber noch viel mehr zu befürchten waren als heute. Als Nachteil des BRADLEYschen Instrumentes darf man wohl die große Länge ansehen, die die Stabilität der Aufstellung ungünstig beeinflußt.

Durch BRADLEYs Zenitsektor war die Meßgenauigkeit auf etwa 2″ gestiegen, und BRADLEY konnte so die untere Grenze der Fixsternentfernungen abermals hinausschieben. Dabei entstand aber natürlich gleichzeitig das Bedürfnis nach noch weiterer Erhöhung der Genauigkeit, es entstand die Aufgabe, noch kleinere Winkel zu messen. Dazu mußte ein gänzlich anderer Weg eingeschlagen werden, als er bei den bisherigen Bestimmungen absoluter Örter (RÖMER) oder deren Änderungen (BRADLEY) versucht worden war: Man mußte statt dessen relative Ortsbestimmungen von Fixsternen machen.

Denken wir uns im Gesichtsfeld eines astronomischen Fernrohres zwei Sterne, von denen der eine als unendlich weit entfernt angesehen werden kann, während der andere eine meßbare Entfernung hat. Dann wird sich im Laufe eines Jahres der nähere Stern gegen den entfernteren infolge des Standortwechsels des irdischen Beobachters bewegen. Zwar wird damit begrifflich ein Element der Unsicherheit in die Messungen hineingebracht, weil man die „unendliche" Entfernung des „Vergleichssterns" nicht von vornherein annehmen kann; doch hat sich herausgestellt, daß daraus in der Praxis keine Schwierigkeiten entstehen: Man findet immer in der Nähe eines Sterns, der durch Helligkeit oder durch ungewöhnliche Eigenbewegung auffällt, genügend zahlreiche schwache „Hintergrundsterne" von verschwindender Parallaxe, an die man ihn anschließen kann.

Zur Messung der kleinen Differenzen in der Brennebene des Fernrohres („im Gesichtsfeld") dienen Mikrometer. Die erste Einrichtung, die diesen Namen verdient, ist im Jahre 1666 von A. AUZOUT (1640—1691) konstruiert worden: Durch eine feine Schraube wird ein System von Meßfäden, die in einem Rahmen ausgespannt sind, gegen ein System von festen Meßfäden verschoben. Fig. 7 gibt ein solches Mikrometer wieder, das 1672, also sechs Jahre nach dem ersten Versuch von AUZOUT, in wesentlich vollkommenerer Form von RÖMER hergestellt wurde. Die größte Kunstfertigkeit beim Bau dieser Fadenmikrometer erforderte — und erfordert auch heute noch — die Herstellung der Meßschraube. Als Meßfäden dienen in den meisten Fällen die Fäden der Kreuzspinne, und zwar die besonders feinen Fäden, in die die Tiere ihre Eier einspinnen.

Auf einem ganz anderen Gedanken beruht ein Mikrometer, mit dessen Hilfe F. W. BESSEL (1784—1846) im Jahre 1838 die erste Fixsternparallaxenmessung glückte. Beim Heliometer, das ursprünglich, wie der Name andeutet, der Messung des Sonnendurchmessers dienen sollte, ist das Objektiv durchschnitten, und die beiden Hälften lassen sich meßbar gegeneinander verschieben. Dabei wandern in der Brennebene des Heliometers auch die von der verschobenen Hälfte entworfenen Bilder der Sterne. Gleichzeitig ist das Objektiv um die Rohrachse des Instruments dreh-

bar, damit der Trennungslinie jede beliebige Richtung an der Sphäre gegeben werden kann. Entwirft die eine Hälfte von zwei Sternen die Bilder a und b, die andere die Bilder a′ und b′, so kann man zunächst die Trennungslinie in die Verbindungslinie der beiden Sterne drehen und

messers im Laufe des Jahres zu messen. Das erste brauchbare Instrument dieser Art, bei dem schon zwei halbe Objektive meßbar gegeneinander verschoben werden konnten, wurde 1753 von J. DOLLOND (1706—1761) gebaut. Seine große Bedeutung in der messenden Astronomie erhielt

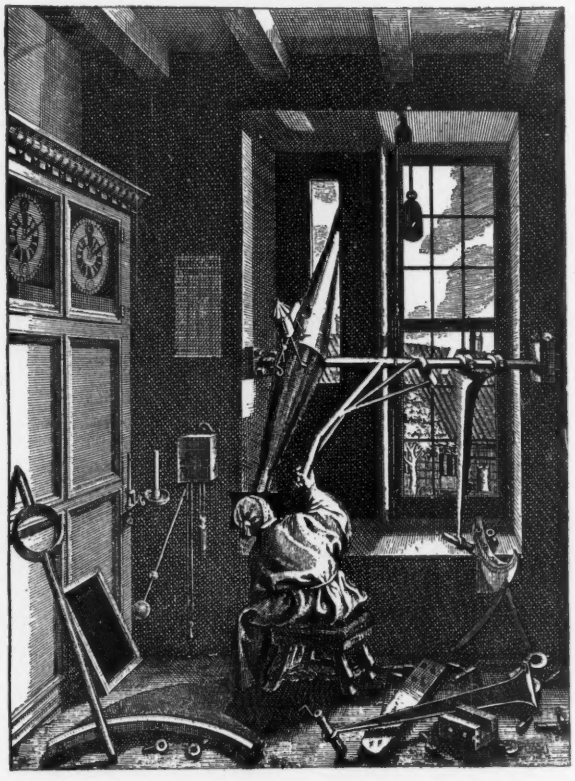


Fig. 4. Meridiankreis von O. RÖMER. (Aus dem Werke JOH. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908 und 1914.)

dann durch die Objektivverschiebung b mit a′ oder a mit b′ zur Deckung bringen. Durch die Messung der Verschiebung der beiden Objektivhälften gegeneinander mit Hilfe einer feinen Skala erhält man die Winkelentfernung der beiden Sterne voneinander genauer, als es mit allen anderen bis dahin gebauten Mikrometern möglich war.

Der Grundgedanke des Heliometers, zwei gegeneinander verschiebbare Objektive, die verschiedene Bilder desselben Sterns in der gemeinsamen Brennebene erzeugen, stammt von RÖMER, der bereits im Jahre 1675 einen solchen Vorschlag machte, um Änderungen des Sonnendurch-

das Heliometer aber erst, als J. FRAUNHOFER (1787—1826) wahre Meisterwerke dieser Art herstellte, deren erstes in der Hand von BESSEL das Problem der Entfernungsbestimmung eines Fixsterns auf rein geometrischem Wege an einem günstigen Beispiel als lösbar erwies. Fig. 8 zeigt den Objektivkopf eines neueren Heliometers der Firma A. REPSOLD und Söhne. Man erkennt deutlich die beiden Objektivhälften. Die Drahtnetze dienen dazu, helle Sterne abzuschwächen und dadurch ihren Anschluß an schwache Sterne sicher zu ermöglichen.

BESSEL hatte als geeignetes Objekt den Stern 61 Cygni ausgesucht, der durch starke

Eigenbewegung eine verhältnismäßig geringe Entfernung von uns vermuten läßt. Er fand als Wert der Parallaxe 0,316″ mit einem mittleren Fehler (aus sehr vielen Messungen) von nur ± 0,020″ (3). Dieser Wert ist auch durch die neuesten Messungen nicht wesentlich geändert worden.

Fast gleichzeitig mit BESSEL glückte es W. STRUVE (1793—1864) in Pulkowo, in dem wesentlich ungünstigeren Fall des hellen Sterns Wega (α Lyrae) mit Hilfe eines Fadenmikrometers die parallaktische Verschiebung nachzuweisen. Er fand den Wert 0,26″ für die Parallaxe, während moderne Messungen 0,12″ ergaben. Und als dritte Parallaxe wurde gleichzeitig von TH. HENDERSON (1798—1844) aus Beobachtungen am Meridiankreis der Kap-Sternwarte für die Parallaxe von α Centauri der Wert 1,0″ gefunden, gegenüber dem schon erwähnten modernen Wert von 0,75″. Während also Meridiankreis und Fadenmikrometer die richtige Größenordnung der Entfernungen der nächsten Fixsterne ergeben, liefert die erste Bestimmung mit dem Heliometer sogleich einen Wert, der den modernsten bereits vergleichbar ist.

Das Heliometer ist bis zur Jahrundertwende das einzige Instrument geblieben, mit dem Parallaxenmessungen angestellt wurden. Das Ergebnis ist leider sehr mager: Von etwa 50 Sternen waren so die Entfernungen einigermaßen sicher bekannt geworden. Die Richtigkeit des Kopernikanischen Systems ist auf diese Weise natürlich endgültig nachgewiesen worden, aber für unsere Kenntnis auch der näheren Umgebung der Sonne im Fixsternraum ist damit nur wenig gewonnen.

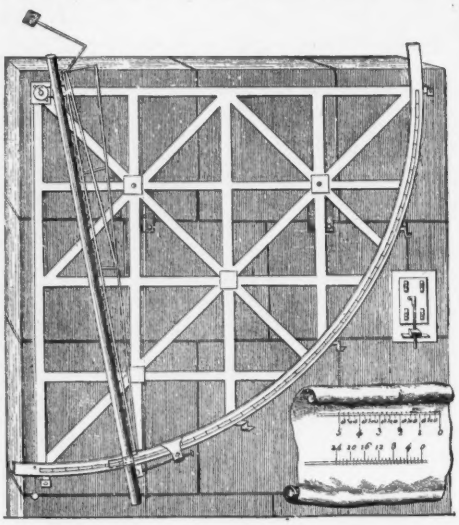


Fig. 5. Mauerquadrant von G. GRAHAM. (Aus dem Werke JOH. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908 und 1914.)

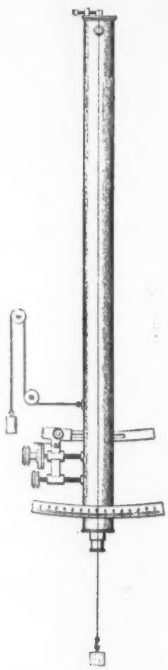


Fig. 6. Zenitsektor von G. GRAHAM. (Aus dem Werke JOH. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908 und 1914.)

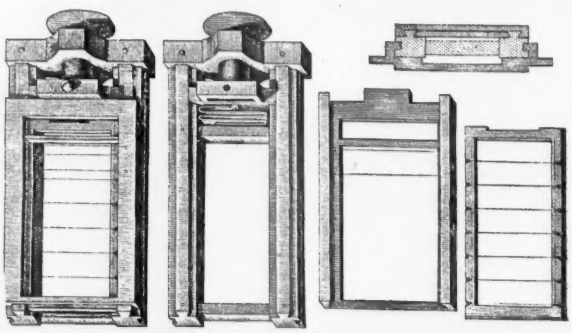


Fig. 7. Fadenmikrometer von O. RÖMER. (Aus dem Werke JOH. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908 und 1914.)

Wir haben aber noch in unserer Zeit einen Aufschwung in den Parallaxenmessungen erlebt. Im Jahre 1898 wies F. SCHLESINGER (1871 bis 1942) auf die Eignung der modernen langbrennweitigen Refraktoren für die photographische Parallaxenmessung hin (4). Zunächst einmal wird durch die große Brennweite, die die der alten Heliometer mindestens um das Fünffache übertrifft, sogleich ein großer Maßstab auf der Platte geboten. Ferner wird die Luftunruhe bei Aufnahmen von der Dauer einiger Minuten bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen und die sehr mühsame und große Übung erfordernde Messung mit dem Heliometer durch die Messung der photographischen Platte im Meßapparat ersetzt. Damit wird die Bequemlichkeit der Messung erhöht und zugleich eine Häufung des Beobachtungsmaterials begünstigt, die wiederum der Genauigkeit der Ergebnisse zugute kommt. SCHLESINGER selbst bestimmte in den Jahren 1903 bis 1905 am Großen Refraktor der Yerkes-Sternwarte in Williamsbay (Brennweite 19 m) eine Anzahl von Parallaxen mit einer Genauigkeit, die die der alten am Heliometer bestimmten Parallaxen weit zurückließ. Seit dieser Zeit sind auf photographischem Wege Tausende von Parallaxen bestimmt worden, deren mittlere Fehler höchstens ± 0,010″ betragen, in vielen Fällen sogar merklich kleiner sind (5).

Ohne Zweifel kann man, ohne den Tatsachen Zwang anzutun, bis zu diesem Punkt der Entwicklung von einem Einfluß der Ideen des KOPERNIKUS sprechen. Es muß aber betont werden, daß trotz der eben geschilderten Erfolge in der Parallaxenmessung ihr Ergebnis auch heute noch unbefriedigend bleibt. Denn auch der auf diesem Wege durchforschte Raum umfaßt nur einen verschwindenden Bruchteil unseres „Weltalls". Im Laufe des 19. Jahrhunderts haben sich aber ganz neue Forschungswege in der Astronomie entwickelt, die Stellarstatistik und die Astrophysik, die unsere Kenntnisse über den Bau des Sternsystems gewaltig erweitert haben. Über diese neueren Forschungsrichtungen und ihre Ergebnisse hat im vorigen Jahr H. KIENLE in dieser Zeitschrift zusammenfassend berichtet (6).

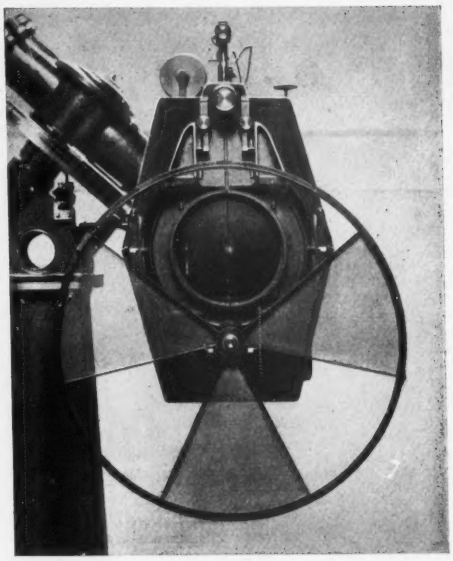


Fig. 8. Kopf eines Heliometers von A. REPSOLD. (Aus dem Werke JOH. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908 und 1914.)

Literatur.

1. H. KIENLE, 100 Jahre DOPPLERsches Prinzip, 50 Jahre spektrographische Geschwindigkeitsmessung. Naturwiss. 30, 433 (1942). — 2. F. KÜSTNER, Eine spektrographische Bestimmung der Sonnenparallaxe. Astr. Nachr. 169, 241 (1905). — 3. F. W. BESSEL, Bestimmung der Entfernung des 61. Sterns des Schwans. Astr. Nachr. 16, 65 (1838). — 4. F. SCHLESINGER, Suggestions for the Determination of Stellar Parallax by Means of Photography. Astrophys. J. 10, 242 (1899). — 5. F. SCHLESINGER, L. JENKINS, General Catalogue of Stellar Parallaxes compiled at Yale University Observatory. 1935. — 6. H. KIENLE, Das Weltsystem des KOPERNIKUS und das Weltbild unserer Zeit. Naturwiss. 31, 1 (1943).

Die Ultrazentrifuge und ihre Anwendungen.

I. Die technische Entwicklung der Ultrazentrifugen.[1])

Von HANS BOMKE, Berlin-Charlottenburg.

Die moderne Experimentalphysik bietet zahlreiche Beispiele dafür, daß jeder wissenschaftliche Erkenntnisgewinn auf das engste verknüpft ist mit den Fortschritten und Verbesserungen der Experimentiertechnik. Einerseits werden durch neue wissenschaftliche Fragestellungen häufig Anregungen für die technische Weiterentwicklung von Meßgeräten und Versuchsapparaturen gegeben, anderseits geben von der Technik neu geschaffene Instrumente und Maschinen auch ihrerseits oft den Anstoß zur Untersuchung wissenschaftlicher Probleme, die den bisherigen Untersuchungsmethoden nicht zugänglich waren. Es sei hier nur an die enge Wechselwirkung zwischen wissenschaftlicher Forschung und tech-

[1]) Nach einem am 8. Juli 1942 im Kolloquium der naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft der Reichsuniversität Straßburg gehaltenen Vortrag.

nischer Entwicklung bei der Entwicklung der modernen Verstärkertechnik oder etwa der Gasentladungsröhren erinnert. Auch die großen Fortschritte der heutigen Kernphysik wären unmöglich gewesen ohne die vorherige Schaffung der modernen Höchstspannungsanlagen, wie etwa des Van de Graaff-Generators, der GREINACHERschen Vervielfachungsschaltung und insbesondere des Cyclotrons. Andererseits aber wären auch diese Hilfsmittel zur Erzeugung höchster Spannungen und Ionenbeschleunigungen von der Technik kaum entwickelt worden ohne das durch die Kernphysik geschaffene Bedürfnis. Auch die Entwicklung der modernen Ultrazentrifugenanlagen ist ein reizvolles Beispiel für eine solche enge Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlichem und technischem Denken.

Zentrifugen für geringe Tourenzahlen waren sowohl im Laboratorium wie auch in der Technik zur Trennung schwerer bzw. leichter Komponenten aus Gemischen, insbesondere zur Abscheidung von in Flüssigkeiten suspendierten Substanzen, bereits seit langem im Gebrauch. Die Milchzentrifuge ist das bekannteste Beispiel dieser älteren Zentrifugenentwicklung. Wesentlich höhere Tourenzahlen, als sie diese alten Anlagen lieferten, zu erzeugen, lag auch zunächst kein Grund vor. Die Entwicklung der modernen Ultrazentrifugen ging daher auch nicht von den älteren Trennzentrifugen aus, sondern wurde durch zunächst ganz abseits davon liegende Bestrebungen der Kolloidchemie ausgelöst, die darauf abzielten, genaue Teilchengrößenbestimmungen an sehr feindispersen Suspensionen durchzuführen. Seit der Begründung der kinetischen Gastheorie war bekannt, daß man grundsätzlich aus der Dichteabnahme der Erdatmosphäre mit der Höhe das Molekulargewicht der Luftmoleküle bestimmen kann, wenn auch eine solche Bestimmung praktisch nicht durchführbar ist infolge der in der Erdatmosphäre stets vorhandenen Konvektionsströmungen, die die theoretische Dichteschichtung völlig verfälschen. Die analoge Erscheinung, Abnahme der Teilchendichte mit der Höhe der Flüssigkeitssäule, kann man an geeigneten grobdispersen Systemen wie etwa Goldsolen oder Gummigutteilchen bereits in sehr kleinen Versuchsgefäßen beobachten. Die Abnahme der Teilchenzahl derartiger Emulsionen mit der Schichthöhe kann bei Kenntnis der AVOGADROschen Zahl zur Bestimmung der Teilchengröße benutzt werden. Bekannt sind die klassischen Untersuchungen von PERRIN, der im Jahre 1908 auf diese Weise aus der Sedimentation von Gummigutteilchen bekannter Größe umgekehrt die AVOGADROsche Zahl sehr genau bestimmen und so eine unmittelbare experimentelle Bestätigung der Grundannahmen der kinetischen Gastheorie erbringen konnte. Ähnliche Messungen wurden 1915 an Goldsolen von WESTGREN durchgeführt. Es war an sich naheliegend, dasselbe Sedimentationsverfahren auch zur Teilchengrößenbestimmung an den wesentlich feiner dispersen Teilchen der Kolloidchemie und insbesondere etwa zur Molekulargewichtsbestimmung an den Makromolekülen der Eiweißchemie zu verwenden. Eine solche Anwendung der Sedimentationsanalyse zur Teilchengrößenbestimmung in der Kolloidchemie erschien um so wünschenswerter, als die sonst in der Chemie üblichen Methoden der Molekulargewichtsbestimmung, wie etwa die Verfahren des osmotischen Druckes, der Siedepunktserhöhung und der Gefrierpunktserniedrigung auf sehr hochmolekulare Substanzen nur schwer anwendbar sind und zudem bei Anwendung auf die in der Kolloidchemie meist vorliegenden Gemische verschiedener hochmolekularer Stoffe nicht die Molekulargewichte der einzelnen Komponenten, sondern nur mehr ein mittleres Molekulargewicht der Mischung ergeben. Demgegenüber würde die Sedimentationsanalyse direkt das Molekulargewicht einer jeden Komponente liefern. Allerdings würde die Durchführung derartiger Sedimentationsversuche an den Großmolekülen der Kolloidchemie bei Benutzung des Erdschwerefeldes wegen der Kleinheit der Teilchen bereits wieder sehr lange Flüssigkeitssäulen erfordern. Dies würde, abgesehen davon, daß bei langen Flüssigkeitsschichten störende Konvektionsströme kaum auszuschalten sind, auch eine sehr langsame und praktisch nicht mehr tragbare Einstellung des Sedimentationsgleichgewichtes bedingen. Um Sedimentationsanalysen an Kolloidsystemen bei bequem handhabbaren Schichthöhen durchführen zu können, werden vielmehr Schwerefelder benötigt, die je nach der Teilchengröße zwischen einigen 1000 g und einigen 100 000 g liegen. Damit läuft das Problem der Teilchengrößenbestimmung an kolloidalen Substanzen vor allem auf die Entwicklung leistungsfähiger Zentrifugen heraus, die die erforderlichen hohen Beschleunigungswerte liefern können. Der erste Versuch, durch Beobachtung der Sedimentation in einem starken Zentrifugalfeld Partikelgrößen an Kolloidteilchen zu ermitteln, wurde bereits 1913 von DUMANSKI unternommen. Die von diesem Forscher so an noch relativ großen Kolloidteilchen ermittelten Partikelgrößen stimmten jedoch keineswegs mit direkten ultramikroskopischen Messungen überein. Infolge dieses Mißerfolges blieb die weitere Entwicklung der Methode der Molekulargewichtsbestimmung durch Sedimentationsanalyse mittels der Zentrifuge für einige Jahre unterbrochen. Im Jahre 1923 wurde dann die weitere Klärung dieser Fragen durch SVEDBERG und seine Mitarbeiter in Uppsala aufgenommen. Bereits die ersten Untersuchungen SVEDBERGs, die mit einer kleinen, nur 150fache Erdbeschleunigung = 150 g liefernden Zentrifuge ausgeführt wurden, zeigten, daß die fehlerhaften Resultate DUMANSKIs vor allem durch nicht genügend vermiedene Konvektionsströme hervorgerufen worden waren. Die näheren Versuchsbedingungen zur Erzielung einer störungsfreien

Sedimentation im Innern rasch rotierender Zentrifugen wurden 1924 von SVEDBERG und RINDE angegeben. Als Hauptursache der vor allem störenden Konvektionsströmungen wurden die Temperaturunterschiede erkannt, die normalerweise in einem Zentrifugenrotor infolge der Reibung in den Achsenlagern und an der umgebenden Luft auftreten. Zur Ausschaltung dieser Störungen mußte die Lagerreibung der Zentrifugenachse durch geeignete Lagerkühlung abgeleitet und ferner vor allem die Luftreibung des Rotors beseitigt werden. Dieses letztere gelang vollständig durch Einbau der rotierenden Teile der Zentrifuge in ein vakuumdichtes Gehäuse, welches vor Inbetriebnahme der Zentrifuge evakuiert wurde. Da die genügende Evakuierung des Zentrifugengehäuses infolge der Öldichtungen eine sehr leistungsfähige Pumpanlage erfordert und da trotz der Kühlung der Lager infolge der Lagerreibung noch eine schwache Erwärmung des Zentrifugenrotors auftrat, arbeiteten die genannten Forscher in der Folge nicht bei völligem Vakuum, sondern mit einer Füllung von Wasserstoff unter vermindertem Druck. Bei einem Wasserstoffdruck von etwa 15 mm Hg ist infolge der besonders günstigen gaskinetischen Eigenschaften dieses Gases nämlich einerseits die innere Reibung in diesem Gas außerordentlich gering, anderseits seine Wärmeleitfähigkeit noch sehr hoch, so daß unter diesen Betriebsbedingungen keinerlei merkbare Temperaturungleichheiten am Rotor auftreten. Selbstverständlich müssen zur Erzielung von Konvektionsfreiheit auch jegliche mechanischen Erschütterungen und Schwingungen des Rotors vermieden werden. Dies gelang durch zweckmäßige Ausbildung der Rotorlager. Ferner erwies es sich als zweckmäßig, die Sedimentation in kleinen, im Rotor angebrachten Gefäßen von sektorförmiger Gestalt stattfinden zu lassen. Unter diesen genannten Voraussetzungen erfolgt, wie von SVEDBERG in eingehenden Untersuchungen gezeigt werden konnte, die Sedimentation auch in der rasch rotierenden Zentrifuge vollkommen störungsfrei. Nachdem damals von SVEDBERG, FAHRÄUS und RINDE durch optische Beobachtung des Sedimentationsgleichgewichtes von Kolloidpartikeln mit Hilfe einer Zentrifuge, die zunächst nur Beschleunigungswerte von einigen 1000 g lieferte, Teilchengrößenwerte ermittelt worden waren, die mit den nach anderen Verfahren erhaltenen Daten vollkommen übereinstimmten, und somit der Beweis für die grundsätzliche Brauchbarkeit des Zentrifugierverfahrens zur Teilchengrößen- und Molekulargewichtsbestimmung an kolloidalen Systemen erbracht worden war, wurden von SVEDBERG und seinen Mitarbeitern in Uppsala in den folgenden Jahren in bewundernswerter technischer Entwicklungsarbeit mehrere äußerst leistungsfähige Zentrifugentypen geschaffen, die Beschleunigungswerte von mehreren 100 000 g zu erreichen und so Teilchengrößen und Molekulargewichte auch von sehr feindispersen Systemen bis herunter zu den normalen Molekülen der anorganischen Chemie durchzuführen gestatten. Diese Maschinen sind heute unter dem Namen Ultrazentrifugen allgemein bekannt. Eine kurze historische Aufzählung der durch die fortschreitende technische Vervollkommnung der Ultrazentrifugen im SVEDBERGschen Institut im Laufe der Jahre erzielten Beschleunigungswerte gibt eine gute Vorstellung von der Pionierarbeit, die in Uppsala für die Entwicklung der modernen Ultrazentrifugen geleistet wurde. Im Jahre 1923 waren die dortigen Versuche mit Beschleunigungswerten von einigen 100 g begonnen worden, 1924 wurden 5000 g erreicht, 1926 bereits 100 000 g, 1931 200 000 g, 1932 300 000 g, 1933 600 000 g, seit einigen Jahren sogar etwa 1 Million g. Die außerordentlich hohen Werte der mittels der Ultrazentrifugen erreichbaren Beschleunigungsfelder werden noch deutlicher durch den Vergleich mit den auf Gestirnen herrschenden Schwerefeldern. Es beträgt bekanntlich die Schwere auf der Sonne erst das 27fache der Erdschwere, auf dem Siriusbegleiter B, einem typischen weißen Zwerg, erst 26 000 g. Für die verschiedenen Sonderfälle bei der Molekulargewichtsbestimmung feindisperser Kolloide und hochatomarer Moleküle sind im SVEDBERGschen Institut zwei verschiedene Ultrazentrifugenkonstruktionen entwickelt worden, die seitdem als standardisierte Untersuchungsgeräte benutzt wurden. Einmal wurde eine mit maximal etwa 18 000 U/min rotierende Ultrazentrifuge für nicht allzu hohe Beschleunigungswerte, etwa zwischen 500 und 15 000 g geschaffen, die insbesondere zur Durchführung von Molekulargewichtsbestimmungen nach der Sedimentationsgleichgewichtsmethode an sehr hochmolekularen Verbindungen, wie Proteinen, Polysacchariden, Polystyrolen und ähnlichen Körpern, geeignet ist. Diese Maschine sowie auch andere, noch verhältnismäßig langsam rotierende Ultrazentrifugen haben seit ihrer ersten Durchbildung im SVEDBERGschen Institut in ständig zunehmendem Maße für die Molekulargewichtsbestimmung hochmolekularer Substanzen Bedeutung gewonnen und sind heute bereits unentbehrliche Hilfsmittel der kolloidchemischen Forschung geworden. Gleichzeitig wurde im SVEDBERGschen Institut auch eine sehr viel höher tourige Ultrazentrifuge entwickelt, die, wie oben bereits erwähnt wurde, Beschleunigungswerte von mehreren 100 000 g anzuwenden gestattet. Diese Ultrazentrifuge ist besonders für die Anwendung der Sedimentationsgeschwindigkeitsmethode zur Molekulargewichtsbestimmung an allen Arten von Kolloidmolekülen sowie auch zur Anwendung der Sedimentationsgleichgewichtsmethode auf sehr kleine Moleküle bis herab zu den Molekülen der anorganischen Chemie bestimmt.

Die langsam laufende SVEDBERGsche Ultrazentrifuge ist als selbstbalancierende Maschine mit direktem elektrischem Antrieb ausgebildet.

Der aus Chromnickelstahl bestehende Zentrifugenrotor von etwa 15 cm Durchmesser und etwa 4 cm Dicke rotiert um eine senkrechte, einseitig freie Achse, die direkt mit einem unter dem Rotor angebrachten, mit Kugellagern versehenen Drehstrommotor verbunden ist. Der mit einer Wasserkühlung versehene Stator des Antriebsmotors ruht auf einer Gummilagerung, um die

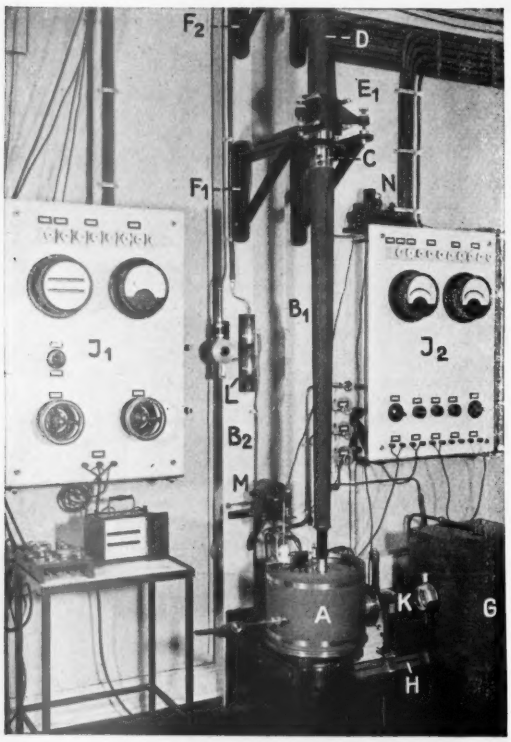


Fig. 1. SVEDBERGsche langsam laufende Ultrazentrifuge.

durch eine nicht vollständige Auswuchtung der rotierenden Teile bedingten Erschütterungen aufnehmen zu können. Die Rotationsgeschwindigkeit der Zentrifuge kann durch Regulierung der Drehzahl des den Drehstrom liefernden Maschinenaggregates zwischen 1000 und 18000 U/min eingestellt werden. Der Zentrifugenrotor sowie auch der Kurzschlußanker des Motors sind in ein gasdichtes Metallgehäuse eingebaut, durch welches zwecks Ausschaltung der Luftreibung Wasserstoff von Atmosphärendruck zirkuliert. Bei den noch nicht allzu hohen Tourenzahlen wird hierdurch eine genügende Temperaturkonstanz des Zentrifugenrotors gewährleistet. In dem Rotor befinden sich in zwei diametral entgegengesetzten Lagen Bohrungen, die zur Aufnahme der die zu untersuchende kolloidale Lösung enthaltenden Versuchszelle bzw. einer zur Ausbalancierung des Rotors dienenden Kompensationszelle dienen. Die Versuchszelle hat, wie bereits eingangs erwähnt wurde, eine sektorförmige Gestalt und ist an ihren Stirnflächen durch Quarzplatten verschlossen, um die optische Beobachtung des Sedimentationsvorganges zu ermöglichen. In der Fig. 1 ist eine Photographie einer derartigen, im SVEDBERGschen Institut in Uppsala aufgestellten Anlage zur Molekulargewichtsbestimmung wiedergegeben. Der den Zentrifugenrotor enthaltende Teil des Zentrifugengehäuses befindet sich hier zwecks besserer Temperaturkonstanz in dem Thermostaten *A*, unter dem man den Antriebsmotor der Zentrifuge erkennt. Auf der Schalttafel J_1 befinden sich die Drehgriffe zu Regulierung der Tourenzahl des Drehstromgenerators sowie ein Zungenfrequenzmesser zur Messung der Drehstromperiode. *G* ist ein Schutzkasten, der die zur Beleuchtung der sedimentierten Lösung dienende Lichtquelle, eine Quecksilberlampe, enthält, *K* sind Lichtfilter zur Herstellung monochromatischen Lichtes, *C*, E_1, *D* ist die optische Einrichtung zur Herstellung von Photographien der sedimentierenden Lösung in den verschiedenen Stadien der Sedimentation. Die lange Brennweite des Abbildungsobjektivs von etwa 1 m ist zur Vermeidung von parallaktischen Fehlern notwendig. Es sei hier noch erwähnt, daß im Jahre 1925 ELSASSER (Fa. Siemens) eine bezüglich des Antriebs und der Achsenlagerung ähnliche Zentrifuge entwickelt hat, die als Spinnzentrifuge bei der Kunstseideherstellung in großem Ausmaß technisch Verwendung findet.

Bei dem anderen von SVEDBERG ausgebildeten Ultrazentrifugentyp, der, wie erwähnt, zur Herstellung von Beschleunigungskräften vom Hunderttausendfachen bis Millionenfachen der Erdschwere dient und dementsprechend bei Tourenzahlen von etwa 50000 bis 70000 U/min arbeitet, wurde grundsätzlich ein anderer konstruktiver Weg beschritten. Einmal wurden für den Antrieb der rasch laufenden Ultrazentrifuge Ölturbinen benutzt. Dies geschah sowohl deswegen, weil die damals vorhandenen Elektromotore den bei Tourenzahlen von 50000 bis 60000 U/min auftretenden Zentrifugalkräften nicht gewachsen waren, als auch, weil zur Lagerschmierung, Vakuumdichtung und Wärmeableitung ebenfalls Öl unter Druck benutzt wurde und so der Ölstrom zum Antrieb der Turbinen von demselben Ölkompressor entnommen werden konnte, während etwa bei Druckluftantrieb noch ein besonderer Druckluftkompressor notwendig geworden wäre. Der wichtigste Unterschied der hochtourigen SVEDBERGschen Ultrazentrifuge gegenüber

der langsam laufenden Ultrazentrifuge bestand aber darin, daß diese Maschine einen in zwei festen Lagern laufenden, horizontal liegenden Rotor besitzt. Dieser Verzicht auf die Verwendung eines selbstbalancierenden Rotors bedingt naturgemäß eine außerordentlich sorgfältige Auswuchtung des Rotors, da andernfalls starke Erschütterungen und unzulässig hohe Lagerbeanspruchungen auftreten würden, die nicht nur die Lagerreibung sehr heraufsetzen, sondern auch in kürzester Zeit eine Zerstörung der Lager zur Folge haben würden. Die Herstellung des Rotors muß deshalb mit äußerster Präzision erfolgen.

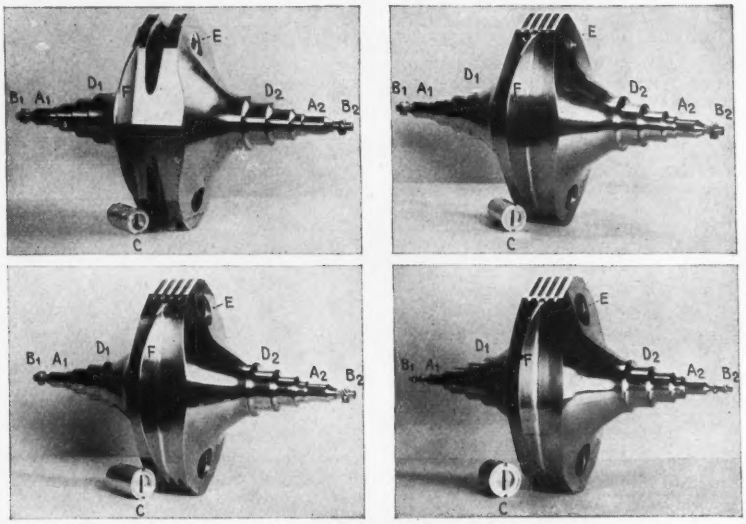


Fig. 2. Verschiedene Rotoren der schnell laufenden SVEDBERGschen Ultrazentrifuge.

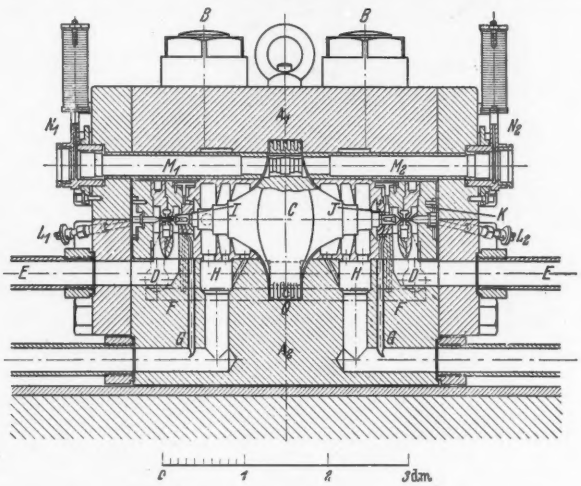


Fig. 3. Konstruktionsskizze der schnell laufenden SVEDBERGschen Ultrazentrifuge.

Mit Hilfe einer für diesen Zweck besonders konstruierten Hilfseinrichtung muß der fertige Rotor, der einen Durchmesser von etwa 13 cm hat, in wochenlanger mühevoller Arbeit bis auf Gewichtsungleichheiten von 0,025 g genau ausbalan-

ciert werden. Im einzelnen ist die Ausbildung des aus Chromnickelstahl bestehenden Rotors aus den in Fig. 2 wiedergegebenen Photographien ersichtlich. Festigkeitsberechnungen und zahlreiche Versuche hatten ergeben, daß die dort erkennbare besondere Rotorform der äußerst starken Beanspruchung des Materials durch die Fliehkräfte am besten widersteht. Auf der Figur erkennt man die beiden Bohrungen E für die Lösungs- bzw. Kompensationszellen C, die eine Schichthöhe von etwa 8—12 mm besitzen, die zum Abschleudern des von den Lagern herüberfließenden Ölfilmes dienenden Absätze D_1 und D_2, die in den Lagern liegenden Achsenzapfen A_1 und A_2 sowie schließlich die den Rotor antreibenden beiden Turbinenräder B_1 und B_2. Die übrige Konstruktion der Maschine geht aus der Fig. 3 hervor. Das äußere Zentrifugengehäuse besteht aus einem dickwandigen Eisenkörper, dessen oberer Teil A zum Einsetzen des Rotors abgehoben werden kann. Die Bohrungen M_1 und M_2, die durch Quarzfenster verschlossen sind, dienen zur Beleuchtung bzw. Beobachtung der die sedimentierende Lösung enthaltenden Zelle. Zwecks Kühlung und Temperaturausgleich am Rotor wird das Innere des Zentrifugengehäuses fortlaufend von Wasserstoff von etwa 25 mm Druck durchspült. Bei dieser Durchspülung muß jegliche Verunreinigung durch Luft sorgfältig vermieden sein, da bereits eine Beimischung von einigen Prozent Luft eine störende Erwärmung des Rotors und damit unerwünschte Konvektionsströmungen in der Lösungszelle hervorrufen würde. Die Temperatur in der Zentrifuge wird außerdem durch an den Lagern und an der inneren Mantelfläche des Gehäuses angebrachte Thermoelemente während des Betriebes dauernd überwacht. In Fig. 4 ist die Gesamtanordnung der Ultrazentrifugenanlage dargestellt. Man erkennt dort die auf einem Betonfundament aufgestellte Ultrazentrifuge, die Vorrichtungen zur Evakuierung des Gehäuses, zur Wasserstoffdurchströmung und zur Aufrecherhaltung der verschiedenen Ölzirkulationen sowie auch die optische Einrichtung zur Beobachtung der Sedimenta-

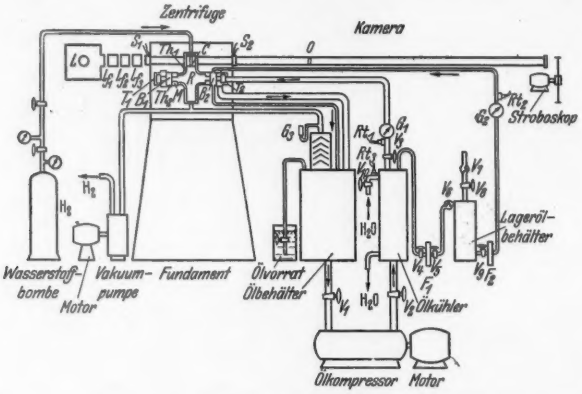


Fig. 4. Schema der Gesamtanordnung der schnell laufenden SVEDBERGschen Ultrazentrifuge.

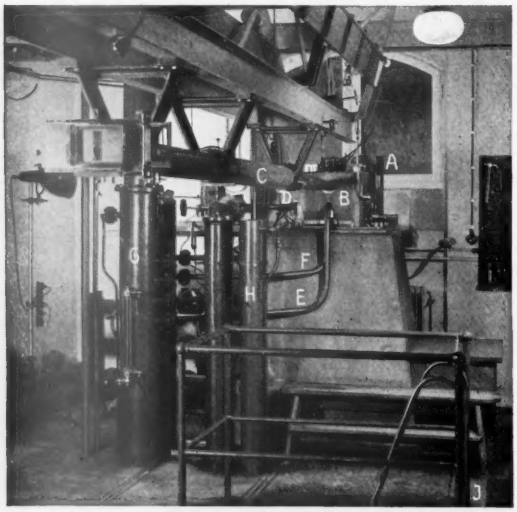


Fig. 5. Photographie der schnell laufenden SVEDBERGschen Ultrazentrifuge in Uppsala.

tion. In Fig. 5 ist eine Photographie der in Uppsala laufenden Maschine wiedergegeben, auf der man nach dem Gesagten leicht die einzelnen Teile der Anlage, insbesondere das Zentrifugengehäuse und den zum Abheben des oberen Gehäuseteils *A* dienenden Kran, die zur Ölreinigung und Kühlung dienenden Gefäße *G* und *H* sowie die optische Einrichtung *C* wiedererkennt. Mit dieser Ultrazentrifuge können im Dauerbetrieb Tourenzahlen von 60000 bis 70000 U/min erreicht werden, denen je nach Ausbildung des Rotors Beschleunigungswerte von mehreren hunderttausend g bis zu maximal etwa 900000 g entsprechen. Die Leistungsgrenze der Maschine ist nur durch die Festigkeit des für den Rotor verwendeten Materials begrenzt. Bei Verwendung eines massiven Rotors aus den besten zur Verfügung stehenden Stahlsorten können Umfangsgeschwindigkeiten von etwa 600 m/sec erreicht werden. Praktisch liegt diese Grenze allerdings meist erheblich tiefer, bei etwa 400 m/sec, da einmal an Stelle massiver Rotoren solche mit Bohrungen und Öffnungen verwendet werden, außerdem auch das Material bei den zur Verwendung kommenden großen Werkstücken nie völlig homogen und fehlerfrei ist. Explosionen des Rotors kamen, vor allem in der ersten Zeit der Entwicklung dieser Ultrazentrifuge, mehrmals vor. Im Dauerbetrieb arbeitet man daher am besten bei etwa 10% unter der Zerreißgrenze liegenden Tourenzahlen. Die Kontrolle der Tourenzahl geschieht am besten stroboskopisch, wie in Fig. 5 dargestellt, oder auch elektromagnetisch, indem ein kurzes Stück der Zentrifugenachse quermagnetisiert ist und in einer benachbarten kleinen Spule eine der Tourenzahl entsprechende Wechselspannung erzeugt, deren Frequenz elektrisch gemessen wird. Im SVEDBERGschen Institut in Uppsala sind mehrere derartige hochtourige Ultrazentrifugen seit mehreren Jahren in dauerndem Betrieb. Die zahlreichen mit diesen Anlagen von SVEDBERG und seinen Mitarbeitern ausgeführten Molekulargewichtsbestimmungen haben bereits zu grundlegenden neuen Erkenntnissen über die Struktur der hochmolekularen Eiweißstoffe geführt. Ähnliche Anlagen wurden im Lister Institute in London, im Department of Biochemistry in Oxford, in der Universität Wisconsin (USA.) sowie im Forschungslabor. der Du Pont Comp. in Wilmington (USA.) vor einigen Jahren aufgestellt. Die außerordentliche Bedeutung, die durch SVEDBERGs Pionierarbeit die rasch laufende Ultrazentrifuge für die gesamte Kolloid- und Biochemie gewonnen hat, hat naturgemäß an zahlreichen Forschungsstellen den Wunsch nach hochtourigen Ultrazentrifugen entstehen lassen. Nach dem Gesagten ist es jedoch verständlich, daß trotzdem nur die wenigen genannten Institute sich zur Anschaffung einer SVEDBERGschen Ultrazentrifuge entschließen konnten. Dies Gerät ist eben in seiner Anschaffung für kleinere Institute zu kostspielig und erfordert außerdem sowohl bei der Aufstellung wie auch im Betrieb ein technisch vorzüglich geschultes Personal. In den letzten Jahren ist aber, vor allem durch die Arbeiten amerikanischer Forscher, ein anderes Konstruktionsprinzip für sehr hochtourige Ultrazentrifugen technisch durchgebildet worden, welches mit sehr viel geringerem Aufwand ebenfalls sehr leistungsfähige und betriebssichere Ultrazentrifugen zu bauen gestattet. Den ersten Anstoß zu dieser Entwicklung gaben nunmehr etwa 15 Jahre zurückliegende Arbeiten belgischer und

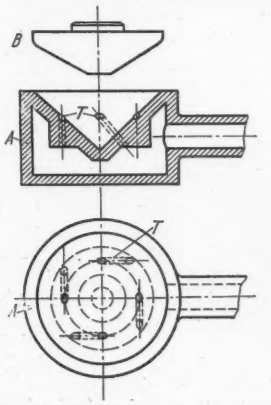


Fig. 6. Konstruktionsskizze des HENRIOT-HUGUENARDschen Luftkreisels.

Fig. 7. Photographie des Luftkreisels von HENRIOT und HUGUENARD.

französischer Forscher mit rasch rotierenden kleinen Druckluftturbinen. Im Jahre 1925 hatten so HENRIOT und HUGUENARD einen Luftkreisel entwickelt, der ohne jede mechanische Verbindung mit nichtrotierenden Teilen von einem Luftstrahl getragen und zugleich in Rotation gesetzt wurde. Sie griffen damit auf die altbekannte, bereits von BERNOULLI theoretisch untersuchte, auch als Clement-Desormes-Effekt bezeichnete Erscheinung zurück, daß ein kleiner Ball mittels der Staudruckwirkungen auf einem Flüssigkeits- oder Gasstrahl frei schwebend gehalten werden kann. Die näheren Einzelheiten der HENRIOT-HUGUENARDschen Anordnung erkennt man aus den Fig. 6 und 7, von denen die erste eine Konstruktionsskizze, die zweite eine Photographie des Luftkreisels darstellt. Der kegelförmige Kreisel *B* hat einen Öffnungswinkel von etwa 100° und besitzt auf seiner Mantelfläche etwa 30 bis 40 als flache Nuten ausgebildete Turbinenschaufeln. Der Stator *A* ist in seinem ebenfalls kegelförmigen Inneren mit 4 Luftdüsen *t* versehen, aus denen der Rotor tangential mit Druckluft angeblasen wird. Infolge der nach dem erwähnten BERNOULLIschen Theorem zwischen Rotor und Statorkonus sich ausbildenden Luftströmungen

schwebt der Rotor in einem Abstand von nur einigen zehntel Millimetern über dem Stator und gerät durch die Wirkung der an ihm angebrachten Antriebsnuten gleichzeitig in schnelle Rotation. HENRIOT und HUGUENARD erreichten so mit einem derartigen Kreisel von 45 mm Durchmesser und einem Antriebsdruck von nur 3 Atmosphären eine Tourenzahl von 78 000 U/min, bei einem entsprechend kleineren Kreisel von nur 11,7 mm Durchmesser sogar eine Tourenzahl von 660 000 U/min. Ähnlich wie bei der SVEDBERGschen Ultrazentrifuge wird auch bei diesen kleinen Luftkreiseln die Tourenzahl im wesentlichen nur durch die Festigkeit des Rotormaterials begrenzt. Wie man sich leicht durch eine einfache Rechnung überzeugt, entspricht die mit dem kleinen Kreisel von 11,7 mm Durchmesser erreichte Tourenzahl einer Randgeschwindigkeit des Rotors von 404 m pro sec, stimmt also mit den auch von SVEDBERG erreichten Höchstwerten überein. Wie von HENRIOT und HUGUENARD und später auch von GIRARD gezeigt werden konnte, besitzen derartige rasch rotierende Luftkreisel auch bei zusätzlicher Belastung durch aufgesetzte Gewichte eine außerordentlich hohe Stabilität. Die Versuche der genannten belgischen und französischen Forscher wurde seit 1929 insbesondere von amerikanischen Forschern weiter fortgeführt. MCBAIN und O'SULLIVAN benutzten 1935 den Luftkreisel zur Molekulargewichtsbestimmung, indem sie in den Rotor eine Sedimentationszelle einsetzten, die durch eine Öffnung im Statorkonus beobachtet wurde. Die Schwierigkeit der im Rotor auftretenden Temperaturungleichheiten wurde dadurch umgangen, daß die Sedimentation statt in Flüssigkeiten in Gelen beobachtet wurde und daß außerdem Hilfsvorrichtungen angebracht waren, durch die die größten Temperaturunterschiede im Rotor ausgeglichen werden konnten. Naturgemäß können aber mit diesem Gerät nicht so vollkommene Aufnahmen erreicht werden wie mit der SVEDBERGschen Ultrazentrifuge. Dieses Ziel zu erreichen, gelang erst BEAMS und seinen Mitarbeitern an der Universität Virginia (Wisconsin, USA.), die nach mehrjährigen Vorarbeiten den Luftkreisel zu einer vollkommen neuartigen Anordnung umbildeten. Die neue, aus diesen Versuchen entstandene Druckluftzentrifuge stellt heute ein der SVEDBERGschen Ultrazentrifuge ebenbürtiges und dabei durch große Einfachheit ausgezeichnetes Gerät dar. Nachdem zunächst von BEAMS die Eigenschaften des HENRIOT-HUGUENARDschen Druckluftkreisels in eingehenden Untersuchungen behandelt worden waren, ging dieser Forscher seit etwa 1934 daran, den Luftkreisel als Antriebsmotor eines größeren Zentrifugenrotors zu verwenden. Zur Vermeidung der bei der SVEDBERGschen Konstruktion notwendigen sehr genauen Ausbalancierung des Rotorkörpers wurde die BEAMSsche Zentrifuge als selbstbalancierende Anordnung mit nur einseitig gelagerter senkrechter Rotationsachse ausgebildet. Der schwere Zentrifugenrotor hängt an der aus biegsamem Stahldraht von etwa 3 mm Durchmesser bestehenden Achse im Innern eines evakuierten Metallgehäuses. Durch ein im Deckel dieses Gefäßes angebrachtes Ölgleitlager, welches gleichzeitig zur Achsenführung und Vakuumdichtung dient, wird die Achse aus dem Vakuumgefäß herausgeführt und trägt an ihrem oberen Ende den Druckluftkreisel für den Antrieb. Bei dieser Anordnung übernimmt die Druckluft nicht nur den Antrieb des Zentrifugenrotors, sondern gleichzeitig auch die vollständige Entlastung des Achsenlagers. Das Lager dient nur mehr zur seitlichen Führung der Achse, während das gesamte Gewicht der rotierenden Zentrifugenteile von dem einige zehntel Millimeter dicken Luftkissen zwischen dem Antriebskreisel und dem Statorkonus getragen wird. Infolgedessen ist der Lagerdruck und dementsprechend auch die Erwärmung des Gleitlagers im Betrieb sehr geringfügig, so daß eine besondere Kühlung dieses Lagers, die bei der SVEDBERGschen Maschine infolge des dort wirksamen hohen Lagerdruckes unbedingt erforderlich war, in Fortfall kommen kann. Gleichzeitig wird die Herstellung der rotierenden Teile, insbesondere des die Untersuchungszellen enthaltenden großen Rotors durch die Verwendung der einseitig freien elastischen Achse sehr vereinfacht, da infolge der selbstbalancierenden Eigenschaften der Anordnung eine sehr sorgfältige Auswuchtung nicht mehr erforderlich ist. In rascher Folge wurden in den folgenden Jahren von BEAMS und seinen Mitarbeitern sowie auch von anderen amerikanischen Forschern weitere Verbesserungen der luftgetriebenen Ultrazentrifuge eingeführt. Neben den Arbeiten von BEAMS selbst seien hier nur die Beiträge von BAUER, BISCOE, LAGSDIN, PICKELS und WYCKOFF genannt, die diese Zentrifugenkonstruktion schnell zu einem sehr leistungsfähigen und betriebssicheren und dabei doch einfachen Laboratoriumsgerät machten. — Nach diesen Untersuchungen erwies es sich als zweckmäßig, den Luftstrom für den Antrieb von dem Luftstrom zum Tragen des Rotors zu trennen, da andernfalls das Anlaufen und Wiederabbremsen der Zentrifuge schwierig war. Bei den späteren BEAMSschen Apparaturen wurden daher die Turbinenschaufeln an den oberen zylindrischen Rand des Luftkreisels verlegt und von horizontal angeordneten Düsen angeblasen, während der Hubluftstrahl durch eine gesonderte Zuleitung gegen die jetzt ohne Rillen ausgeführte konische Seite des Kreisels gerichtet wurde. Dies ermöglichte die gewünschte von der Einstellung des Tragluftdruckes unabhängige Regulierung der Tourenzahl der Maschine durch Veränderung des Antriebluftdruckes. Ferner wurden über den Antriebsdüsen und den Turbinenschaufeln entsprechende gegenläufige Düsen und Schaufeln angebracht, so daß durch einfaches Umstellen eines Druckluftahnes die Maschine jederzeit in kürzester Zeit von höchster Tourenzahl bis zu

völligem Stillstand abgebremst werden konnte, während bei den ersten Maschinen, die diese Vorrichtung noch nicht besaßen, der auf voller Tourenzahl befindliche Rotor nach Abschalten der Antriebsluft infolge der geringen Reibung am Ölgleitlager und im Vakuumgehäuse längere Zeit, bei sehr gut gebauten Maschinen mehrere Stunden, benötigte, um zum Stillstand zu kommen. Schließlich gingen die amerikanischen Forscher dazu über, an Stelle der auch von SVEDBERG benutzten Chromnickelstahlrotoren solche aus Duraluminium zu verwenden. Maßgeblich für die Festigkeit eines rasch rotierenden Rotors und damit für die höchstzulässige Umdrehungsgeschwindigkeit ist nämlich nicht die Zugfestigkeit allein, sondern der Quotient aus Zugfestigkeit und Dichte des Materials. Für einen dünnen Hohlzylinder vom Radius r ergibt sich beispielsweise für die höchstzulässige Tourenzahl ν der Ausdruck

$$\nu = \frac{1}{2\pi \cdot r} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \sigma}{\varrho}},$$

in dem σ die Zugfestigkeit und ϱ die Dichte des Zylindermaterials und g die Erdbeschleunigung ($g = 9{,}81$ m/sec^2) bedeutet. Die von SVEDBERG benutzten hochwertigen Stahllegierungen weisen bei einer Dichte von 7,8 eine Zugfestigkeit von etwa 145 kg/mm^2 auf, so daß der die zulässige Zentrifugalbeanspruchung charakterisierende Quotient σ/ϱ etwa 17,9 beträgt. Die unter dem Namen Duraluminum bekannten vergüteten Aluminiumlegierungen besitzen demgegenüber eine Zugfestigkeit von etwa 48 kg/mm^2 bei einer Dichte von 2,8, so daß hier der genannte Festigkeitskoeffizient einen Wert von etwa 16,9 hat. Zentrifugenrotoren aus Duraluminium besitzen bei annähernd übereinstimmender Festigkeit vor Stahlrotoren einige wichtige Vorteile. Stahl kann nach der zur Härtung erforderlichen Wärmebehandlung nicht mehr bearbeitet werden. Stahlrotoren müssen daher nach der endgültigen Fertigstellung wärmevergütet werden und können dann nur noch nachgeschliffen werden. Duraluminium dagegen wird von den Herstellungsfirmen bereits gebrauchsfertig vergütet geliefert und kann in dieser Form in der Werkstatt beliebig bearbeitet werden. Die größere Weichheit eines aus Duraluminium bestehenden Rotors ist auch beim Betrieb der Zentrifuge vorteilhaft, da bei solchen Rotoren unter der Wirkung der in der Ultrazentrifuge auftretenden sehr großen Zentrifugalkräfte ein schwaches Fließen des Materials auftritt, welches das Auftreten von lokalen Überbeanspruchungen am Rotor wirksam verhindert, die bei Stahlrotoren häufig ein Zerspringen des Rotors hervorrufen. Schließlich ist auch bei einer Explosion des Rotors ein solcher aus Duraluminium vorteilhafter als ein Stahlrotor, da die Sprengstücke aus Duraluminium infolge ihrer geringeren Dichte und auch Härte bedeutend weniger Schaden anrichten können als mit derselben Geschwindigkeit fortgeschleuderte Stahlsplitter. Eine neuere Konstruktion der geschilderten BEAMSschen Ultrazentrifuge ist in der Fig. 8 dargestellt. Man erkennt dort die Düsen S, aus denen die Treibluft gegen das Schaufelsystem der hier als flache Scheibe ausgebildeten Turbine T strömt. Die Tragluft tritt durch die Öffnung I in den Stator ein und drückt gegen die untere Seitenfläche des Turbinenkörpers, der so in einem Abstand von einigen zehntel Millimetern

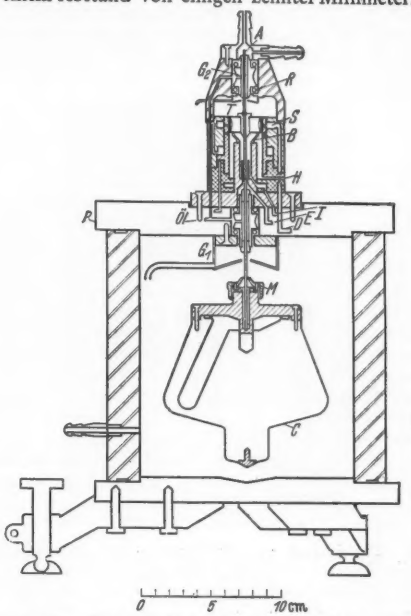


Fig. 8. Konstruktionsskizze einer BEAMSschen Druckluftultrazentrifuge.

über dem trichterförmigen Statorelement B in der Schwebe gehalten wird. Derartige scheibenförmige Turbinenkörper besitzen nach den Erfahrungen von BEAMS und seinen Mitarbeitern BAUER und PICKELS vor den früher benutzten konischen Anordnungen den Vorteil einer noch besseren Stabilität und werden daher in den neueren Anlagen ausschließlich benutzt. Die Achse A besteht aus einem etwa 3 mm starken elastischen Stahldraht und ist in den beiden ober- bzw. unterhalb der Turbine angebrachten, elastisch zwischen Gummiringen befestigten Ölgleitlagern G_1 und G_2 gelagert. Das untere Lager dient gleichzeitig zur vakuumdichten Einführung der Achse in die den Zentrifugenrotor enthaltende Vakuumkammer. Unterhalb der Lager angebrachte Auffangwannen dienen zur Ableitung des aus den Lagern ausfließenden Schmieröls. Die Achse ist jedoch so genau in die aus Lagerbronze bestehenden Lager eingeschliffen, daß bei einem Öldruck von etwa 1 Atmosphäre nur etwa

1 ccm Öl in der Stunde aus den Lagern austritt. Der Duraluminiumrotor C wird mit Hilfe einer Überwurfsklammer auf die Achse aufgeklemmt, so daß er bei Bedarf leicht ausgewechselt werden kann. Es lassen sich daher bei derselben Maschine Rotoren mit Sedimentationszellen oder auch Rotoren mit größeren Hohlgefäßen verwenden, je nachdem ob die Zentrifuge zur Molekulargewichtsbestimmung oder zur präparativen Anreicherung größerer Substanzmengen dienen soll. Fig. 9 zeigt eine Photographie der beschriebenen BEAMSschen Ultrazentrifuge, von der zwecks Sichtbarmachung des Rotors das Vakuum-

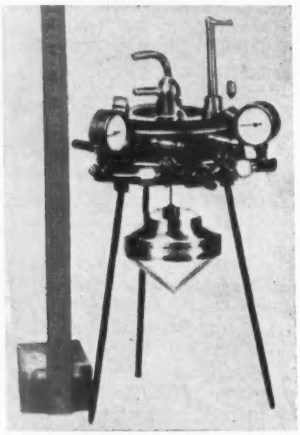


Fig. 9. BEAMS Druckluftultrazentrifuge. Vakuumgehäuse entfernt.

gehäuse entfernt ist. Der zum Tragen des Rotors benötigte Druck beträgt etwa 0,5 Atmosphären, der Antriebsdruck etwa 5—8 Atmosphären. Bei einem Antriebsdruck von 6 Atmosphären erreicht der Rotor, der ein Gewicht von etwa 5 kg besitzt, in 12 Minuten eine Tourenzahl von 60 000 U/min. Zur weiteren Aufrechterhaltung dieser Tourenzahl wird dann nur noch ein Druck von etwa 1,3 Atmosphären benötigt. Bei dieser Tourenzahl läuft der Rotor so ruhig, daß mit dem Auge keinerlei Rotorbewegungen erkennbar sind und auch eine auf der oberen Gehäuseplatte der Zentrifuge aufgestellte Schale mit Quecksilber keine Oberflächenwellen zeigt. Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit entspricht die BEAMSsche Druckluftzentrifuge vollkommen der SVEDBERGschen Ultrazentrifuge, da in beiden Fällen die höchst erreichbare Tourenzahl und Zentrifugalbeschleunigung nur durch die Festigkeitsgrenze des Rotormaterials begrenzt ist. Infolge ihres verhältnismäßig einfachen Baues und ihrer bequemen Bedienung ist diese Ultrazentrifuge auch für kleinere Institute anschaffbar. Ultrazentrifugen der BEAMSschen Konstruktion, die seit einigen Jahren auch von verschiedenen Firmen als betriebssichere Laboratoriumsgeräte hergestellt werden[2]), sind so heute bereits zu wichtigen Hilfsgeräten der kolloidchemischen, biochemischen und medizinischen Forschung geworden.

Wenn auch die mit Druckluft angetriebene Ultrazentrifuge bereits ein sehr einfaches und nur einen geringen Aufwand an Hilfsmitteln erforderndes Gerät darstellt, so stellt doch die Beschaffung der benötigten Druckluft von etwa 5 bis 8 Atmosphären immerhin noch eine gewisse Komplikation dar. Von BEAMS und HOXTON wurde daher 1937 eine in ihrem grundsätzlichen Aufbau der Druckluftzentrifuge entsprechende Anordnung entwickelt, bei welcher an Stelle von Druckluft hochgespannter Wasserdampf zum Antrieb und zur Gewichtsentlastung der Zentrifuge benutzt wird. Der benötigte Dampf wird in einfachster Weise mit Hilfe eines kleinen elektrisch geheizten Dampfkessels erzeugt. Die Leistungsfähigkeit dieser Dampfzentrifuge, die sich von der Druckluftmaschine nur dadurch unterscheidet, daß die Antriebsturbine nebst den den heißen Dampf zu- und abführenden Rohrleitungen thermisch sorgfältig geschützt ist und außerdem der Turbinenstator zusätzlich von wasserdurchflossenen Kühlschlangen umgeben ist, entspricht im übrigen vollkommen derjenigen der Druckluftzentrifuge. Dennoch wäre grundsätzlich ein direkter elektrischer Antrieb der Ultrazentrifugen am wünschenswertesten, einerseits wegen der größeren Einfachheit und Betriebssicherheit, vor allem aber auch deswegen, weil bei elektrischem Antrieb die Tourenzahl der Zentrifuge einfacher und genauer auf jedem gewünschten Wert konstant erhalten werden kann. Nur bei völlig sicherer Beherrschung der Tourenzahl aber kann, vor allem im Dauerbetrieb, ohne Gefährdung der Maschine unmittelbar unterhalb der für das Rotormaterial zulässigen Höchstgrenze gearbeitet werden. In den Jahren von 1938 bis 1942 ist es BEAMS, BLACK und SKARSTROM gelungen, das Problem des elektrischen Antriebs der Ultrazentrifuge zu lösen. Die erste, 1938 von diesen Forschern konstruierte Ultrazentrifuge mit elektrischem Antrieb besaß noch eine Druckluftragevorrichtung zur Aufnahme des Rotorgewichtes. In den späteren Modellen wird das Anheben des Zentrifugenrotors durch eine magnetische Vorrichtung bewirkt, so daß diese Maschinen vollelektrisch arbeiten. Die Konstruktionsskize einer derartigen BEAMS-BLACK-SKARSTROMschen elektrischen Ultrazentrifuge zeigt die Fig. 10. Man erkennt auf dieser Figur den in üblicher Weise ausgebildeten Rotor C, der mittels der Überwurfklemme *N* an die elastische Achse *A* angeklemmt in dem Vakuumgehäuse *V*

[2]) In Deutschland beispielsweise von der Firma Phywe-Göttingen ein von G. SCHRAMM (Kaiser-Wilhelm-Institut für Biochemie, Berlin-Dahlem) in mehreren Punkten verbessertes Modell (s. G. SCHRAMM, Kolloid-Z. 97, 106 (1941).

hängt. Der Antrieb des Rotors erfolgt durch einen Einphasen-Induktionsmotor. Der die Feldspulen tragende Stator F des Motors ist mit Wasser-

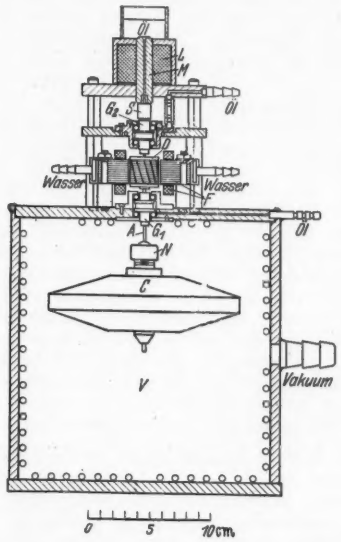


Fig. 10. Konstruktionsskizze der elektrisch angetriebenen, magnetisch getragenen Ultrazentrifuge von BEAMS, BLACK und SKARSTROM.

kühlung versehen, um die Stromwärme abzuführen, der Läufer D des Motors, der einen Durchmesser von etwa 4 cm hat, als Kurzschlußläufer ausgebildet. G_1 und G_2 sind Ölgleitlager getragen wird. Da es bekanntlich nicht möglich ist, mittels eines homogenen Magnetfeldes einen Körper in einem Schwerefelde in der Schwebe zu halten, da die resultierende Gleichgewichtslage nicht stabil ist, wird die Stromstärke im Elektromagneten so eingestellt, daß das Gewicht der an der Achse hängenden Teile um einen geringen Betrag überkompensiert ist und die Achse schwach gegen ein an der Stirnfläche des Eisenkernes des Elektromagneten angebrachtes, mit einer Ölschmierung versehenes Napflager drückt. Die Erzeugung des Wechselstromes für den Motor geschieht mit Hilfe eines 1 kW-Senders, dessen Arbeitsprinzip aus dem schematischen Schaltbild der Fig. 11 erkennbar wird. Der Sender enthält in der ersten Stufe zwei kleine quarzgesteuerte Oszillatoren, die mit einer Frequenz von 3 000 000 Hz schwingen. Während die Frequenz des einen Quarzes unverändert bleibt, kann bei dem zweiten Quarz durch Variation des Luftspaltes die Dämpfung und damit bis zu einem Betrage von etwa $1^0/_{00}$ auch die Frequenz geändert werden, so daß die Schwingungen der beiden kleinen Sender, in der folgenden Mischstufe zur Interferenz gebracht, eine zwischen Null und einigen tausend Hertz beliebig einstellbaren Überlagerungsfrequenz von höchster Konstanz ergeben. Diese Schwebungsfrequenz wird sodann in den folgenden Gegentaktverstärkerstufen bis auf eine Leistung von etwa 1 kW verstärkt und mittels eines Ausgangstransformators auf die zum Betrieb des Zentrifugenmotors geeignete Spannung von etwa 200 V gebracht. Die erreichbare Umfangsgeschwindigkeit der elektrisch angetriebenen, magnetisch entlasteten BEAMSschen Ultrazentrifuge ist ebenso wie die der Ultrazentrifugen mit Öl-, Luft- und Dampfantrieb nur durch die Festigkeitseigenschaften des

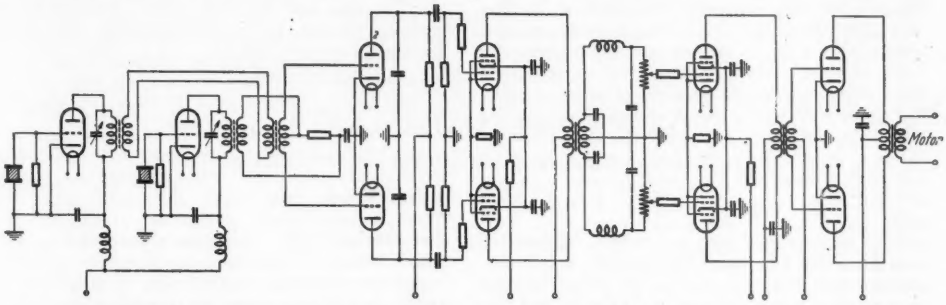


Fig. 11. Schaltbild eines quarzstabilisierten 1 kW-Senders zum Antrieb der elektrischen Ultrazentrifuge.

von der auch bereits bei den älteren BEAMSschen Ultrazentrifugen verwendeten Art. Am oberen Ende der Zentrifugenachse, oberhalb des Lagers G_2, ist ein kleiner Eisenzylinder S angebracht, der von dem Eisenkern M des Elektromagneten L angezogen wird, so daß das Gewicht des Zentrifugenrotors und Motorläufers von dem Magneten

Rotormaterials begrenzt. Tourenzahlen von 80 000 bis 120 000 U/min und dementsprechend Beschleunigungsfelder von mehreren hunderttausend g bis zu maximal etwa 1 Million g können heute mit allen genannten Ultrazentrifugenanlagen im Dauerbetrieb erzeugt und sowohl zur Molekulargewichtsbestimmung durch

Sedimentationsanalyse als auch zur präparativen Abscheidung der sich durch ihr Gewicht unterscheidenden Komponenten heterogener gasförmiger oder flüssiger Systeme benutzt werden.

Für manche physikalische Untersuchungen kann es indessen erwünscht sein, eine Zentrifuge zu besitzen, deren Rotor nicht durch eine mechanische Achse mit dem Gehäuse in Verbindung steht, sondern völlig frei im Vakuum rotiert. In der Tat ist es, wie erstmalig 1937 von HOLMES, einem Mitarbeiter BEAMS', gezeigt werden konnte, möglich, durch geeignete magnetische Vorrichtungen einen Rotor frei schweben zu lassen. Der Rotor trägt hierzu an seinem oberen Ende ein zylindrisches Eisenstück, welches von einem am Deckel des Vakuumgefäßes angebrachten Elektromagneten angezogen wird. Die Stabilisierung geschieht mittels eines besonderen Kunstgriffes. Unterhalb des Rotors ist eine plattenförmige Elektrode angebracht, die zusammen mit dem über ihr schwebenden Rotor einen Kondensator bildet. Wenn der Rotor durch den Elektromagneten emporgezogen wird, vermindert sich die Kapazität des durch Rotor und Platte gebildeten Kondensators. Die Kapazitätsänderung steuert nach entsprechender Verstärkung ein Relais, welches den Magnetstrom so drosselt, daß der Rotor mit praktisch unmerklicher Amplitude um eine frei im Raum liegende Gleichgewichtslage pendelt. Durch Veränderung des Magnetstromes kann diese Gleichgewichtslage innerhalb weiter Grenzen verändert werden, ohne daß die Stabilität der Anordnung beeinträchtigt wird. Statt der Kapazitätsänderung kann zur Stabilisierung des frei schwebenden Rotors auch die teilweise Unterbrechung eines an dem Rotor vorbeigehenden Lichtstrahls benutzt werden, der auf einer Photozelle entsprechende Photoströme auslöst, die nach Verstärkung den Magnetstrom steuern. SMITH, ein anderer Mitarbeiter von BEAMS, hat 1941 mehrere nach diesem Prinzip arbeitende kleine Ultrazentrifugenanordnungen beschrieben. Die rotierenden Körper besaßen Gewichte zwischen 50 und 1200 g und erreichten Tourenzahlen bis zu 3200 U/sec. Der Antrieb geschah bei den kleinsten verwendeten Rotoren mittels einer elektrostatischen Vorrichtung, an die eine Wechselspannung von einigen tausend Hertz angelegt wurde, während die größeren Rotoren durch ein elektromagnetisches Drehfeld angetrieben wurden, wobei der Rotor selbst als Kurzschlußanker ausgebildet war. Bemerkenswert ist bei den Anordnungen von HOLMES und SMITH vor allem die außerordentlich geringe Reibungsdämpfung, die bewirkt, daß der mit einer Tourenzahl von einigen tausend U/sec im Vakuum frei schwebend rotierende Rotor nach Abschalten des elektrischen Antriebs erst nach mehreren Monaten wieder zur Ruhe kommt. Beispielsweise zeigte so ein derartiger Rotor, der nur ein Gewicht von 57 g und ein Trägheitsmoment von 103 g/cm² besaß, bei einer Tourenzahl von 650 U/sec eine Abbremsung von nur $2{,}2 \cdot 10^{-4}$ U/sec² und kam erst 68 Tage nach Abschalten des Antriebs zur Ruhe.

Die hier in großen Zügen geschilderte Entwicklung hat in einem Zeitraum von knapp 20 Jahren in der modernen Ultrazentrifuge ein neues wissenschaftliches und technisches Präzisionsgerät entstehen lassen, dessen Leistungsgrenze nur noch durch die Unvollkommenheit des Baumaterials begrenzt ist. Dem Experimentator sind durch die Ultrazentrifuge zahlreiche neue Möglichkeiten gegeben, die bisher nur zum Teil ausgenutzt worden sind, doch hat auch heute bereits die Ultrazentrifuge in mannigfachen Problemstellungen der Physik, der Chemie, der Biologie und der Medizin einen entscheidenden Fortschritt bringen und unsere Erkenntnisse vom Bau der Materie und der Lebewesen wesentlich erweitern können, wie in dem zweiten Teil näher behandelt werden soll.

Das Wrightsche Modell der Evolution.

(Genetische Theorie der Evolution der Organismen I.)

Von K. PÄTAU, Berlin-Dahlem.

Für die in der Physik so häufige Verwendung von Modellen gibt es in der Biologie wenig Beispiele, wenn wir von solchen des Mutationsvorganges, der Nervenleitung und dergleichen absehen, wo freilich das Problem auch mehr physikalischer als biologischer Art ist. Wesen und Zweck eines Modells kann man darin sehen, daß an die Stelle eines sich der Anschauung entziehenden Komplexes von Zusammenhängen ein anschauliches Bild, eben das Modell, gesetzt wird, das es ermöglicht, einen Teil dieser Zusammenhänge unmittelbar zu überschauen.

Oft spricht man schon bei Vorstellungen wie der Genkette, die sich vom realen Ding nur durch Außerachtlassung irgendwelcher Accidentien unterscheiden, von Modellen. Vielleicht empfiehlt es sich aber, den Begriff enger zu fassen und ein Bild nur dann als Modell zu bezeichnen, wenn es von der Wirklichkeit in wesentlichen Punkten abweicht. So ist das BOHRsche Atommodell sicher insofern falsch, als es Elektronen als lokalisierbare Korpuskel deutet. Ebenso entfernt man sich offenbar vollkommen von der Wirklichkeit, wenn man zweidimensionale Plattwesen in einer Kugelfläche als Modell heranzieht für die Verhältnisse, denen wir in einem ge-

krümmten dreidimensionalen Raum unterworfen wären. *Modell und Original haben lediglich ein gewisses System von Beziehungen gemeinsam, so daß man aus dem Modell alle Folgerungen, die sich aus diesen und nur aus diesen Beziehungen ergeben, unmittelbar ablesen kann.* Beim Gebrauch eines Modells in unserem Sinne muß man sich also stets seiner Grenzen bewußt bleiben: man darf keine Folgerungen aus den Eigenschaften des Modells herleiten, die es nicht mit der Wirklichkeit gemeinsam hat, und die nur darum eingeführt wurden, um es anschaulich zu machen.

In der Biologie werden Modelle in unserem Sinne kaum gebraucht, weil die Gegenstände biologischer Forschung gewöhnlich anschaulich genug sind. Um so bemerkenswerter als echtes Modell rein biologischer Vorgänge ist eine von S. WRIGHT (1932) entwickelte Darstellung der Evolution (Artbildung) und ihrer Ursachen. Die kausalen Zusammenhänge, wie wir sie heute in großen Zügen zu übersehen glauben, sind zwar nicht in dem Sinne grundsätzlich unanschaulich wie viele Ergebnisse der modernen Physik, bereiten aber doch der Anschauung durch eine übergroße Fülle der Möglichkeiten beträchtliche Schwierigkeiten. Hier hat nun WRIGHT gezeigt, daß man die Evolution, wenn man von allem Nebensächlichen abstrahiert, durch ein anschauliches dreidimensional-räumliches Modell darstellen kann, an dem sich die verschiedenen Möglichkeiten des Zusammenwirkens der Evolutionsfaktoren in eleganter Weise verfolgen lassen. Es zeigt sich, daß dieses ein Modell in unserem engeren Sinne ist, da sich die wirklichen Verhältnisse in der WRIGHTschen Weise völlig korrekt nur in einem vieltausenddimensionalen Raum abbilden lassen. Da sowohl die WRIGHTschen Arbeiten wie die beiden einzigen dem Verfasser bekannten Darstellungen in deutscher Sprache vielleicht etwas zu kurz gefaßt sind, um den Sinn dieses Modells jedem ganz klar werden zu lassen, mag eine ausführlichere Erläuterung gerechtfertigt sein.

Bevor wir dazu übergehen, sei in ganz groben Umrissen skizziert, wie sich das Evolutionsgeschehen dem heutigen Vererbungswissenschaftler darstellt[1]). Die Frage nach den Ursachen der Evolution ist insofern gewiß eine in erster Linie vererbungstheoretische („genetische"), als jede wahre und nicht bloß modifikatorische Weiterbildung einer Rasse oder Art auf einer Veränderung ihrer Erbmasse beruhen muß. Wenn wir von der ganz speziellen Plastidenvererbung bei Pflanzen und den wenigen Fällen plasmatischer Vererbung absehen, über deren evolutionistische Bedeutung wir schlechterdings nichts wissen, kennen wir als Elemente der Vererbung ausschließlich die in den Chromosomen lokalisierten *Gene* oder Erbfaktoren. Der Genotypus, also die ererbte Reaktionsnorm eines Organismus, die im Zusammenwirken mit den Kräften des Milieus im weitesten Sinne den Phänotypus, d. h. die konkreten morphologischen und physiologischen Eigenschaften dieses Organismus bestimmt, wird nicht nur durch die Art der Gene, sondern auch durch ihre Zahl und Anordnung gegeben. Um möglichst einfache Verhältnise vor Augen zu haben, wollen wir im folgenden von den möglichen Veränderungen der Zahl und Anordnung der Gene absehen, was um so eher geschehen kann, als sich solche sogenannten Genom- und Chromosomenmutationen ohne weiteres in das zu zeichnende Bild der Evolution einbauen lassen. Mit derselben Begründung dürfen wir auch ohne Beschränkung der Allgemeinheit haploide Organismen in den Vordergrund stellen, die während ihres ganzen Lebens mit Ausnahme der befruchteten Eizelle in jedem Zellkern jedes Chromosom nur einmal enthalten. Solche reinen Haplonten sind z. B. gewisse niedere Algen, während höhere Tiere im allgemeinen reine Diplonten sind, bei denen nur die Geschlechtszellen einen haploiden, alle anderen Zellen aber einen diploiden Chromosomenbestand haben, d. h. jedes Chromosom zweimal besitzen.

In jedem Zellkern eines haploiden Organismus oder auch in jeder Geschlechtszelle eines diploiden findet sich eine für die Art charakteristische Zahl voneinander verschiedener *Chromosomen*, deren jedes eine große Zahl wiederum voneinander verschiedener Gene enthält, die, einer Perlenkette vergleichbar, linear angeordnet sind. Diese zunächst hypothetische Vorstellung kann dank der inzwischen ungemein erfolgreichen Verknüpfung genetischer und cytologischer Methoden heute als vollkommen bewiesen gelten (vgl. z. B. PÄTAU 1935). Die Gesamtzahl der Gene ist mindestens bei höheren Organismen eine sehr hohe. So kennt man bei dem wichtigsten Versuchstier der Vererbungsforschung, der Taufliege *Drosophila melanogaster* bisher bereits mehr als 400 verschiedene Gene, deren Verteilung auf die Chromosomen (vier in den haploiden Geschlechtszellen) und deren relative Lage in ihnen ermittelt werden konnte. Die wahre Zahl der Gene liegt bei dieser Fliege sehr wahrscheinlich über 5000, aber vermutlich unter 10000. Jedes von ihnen ist nun verschiedener, verhältnismäßig sehr stabiler Zustände fähig, die *Allele* genannt werden und, mehr oder weniger deutlich erkennbar, verschiedene Ausprägungen des Phänotyps bewirken. Wenn wir ein bestimmtes Gen betrachten, werden wir gewöhnlich finden, daß fast alle Individuen einer Art (oder wenigstens einer Rasse) dasselbe Allel dieses Gens besitzen, das, weil es das häufigste ist, als normales Allel bezeichnet wird. Um irgendein Gen überhaupt untersuchen zu können, bedarf der Genetiker außer des normalen noch wenigstens eines weiteren Allels, da es nur dann möglich ist, im Kreu-

[1]) Eine ausführlichere Darstellung wird in den folgenden Artikeln dieser Reihe gegeben werden.

zungsexperiment die Wirkungen dieses Genes von denen der übrigen Erbanlage zu unterscheiden.

Die große Zahl der Gene, von denen jedes eines von mehreren Allelen sein kann, ergibt eine wahrhaft unerschöpfliche Mannigfaltigkeit möglicher Genkombinationen, möglicher Genotypen. Wenn es nur drei Gene mit je zwei Allelen gäbe — a_1, a_2; b_1, b_2; c_1, c_2 —, so wären $2^3 = 8$ verschiedene Kombinationen möglich: $a_1b_1c_1$, $a_1b_1c_2$ usw. 400 Gene mit je zwei Allelen gestatten $2^{400} > 10^{120}$ verschiedene Kombinationen, eine Zahl, die sehr viel größer ist als die Anzahl der Elektronen und Protonen im sichtbaren Weltall (diese wird nach WRIGHT auf weit weniger als 10^{100} geschätzt). Tatsächlich kennt man aber bei *Drosophila* über 400 Gene und von manchen dieser Gene weit mehr als zwei Allele. (Vermutlich wird man immer noch hinter der Wirklichkeit zurückbleiben, wenn man 5000 Gene mit je 4 Allelen zugrunde legt. Die aber würden $4^{5000} > 10^{3010}$ verschiedene Kombinationen zulassen: vielleicht die größte Zahl, die je in den Bereich naturwissenschaftlicher Erwägungen gezogen wurde.)

Obwohl also die bisher erforschten Gene und Allele dieser Fliege nur einen kleinen Teil der existierenden ausmachen, erlaubt bereits ihre Kombination eine solch ungeheure Fülle verschiedener Genotypen, daß nur ein ganz verschwindender Bruchteil von ihnen jemals in Vergangenheit oder Zukunft verwirklicht werden konnte oder kann[2]). Derartige Betrachtungen gelten in dieser Form nur für den haploiden Chromosomensatz, wie er bei höheren Tieren lediglich in den Geschlechtszellen vorzuliegen pflegt. Für den diploiden Organismus erhöht sich die Zahl der möglichen Genotypen durch Einbeziehung der Heterozygoten noch ungeheuerlicher, da ja homologe Chromosomen mit verschiedenen Allelen auf die allerverschiedenste Weise zusammentreten können. Aber davon wollen wir, wie gesagt, absehen und können das auch um so eher, als ja im allgemeinen nur einigermaßen homozygote Genotypen als Ergebnisse der Evolution Bedeutung gewinnen.

Vieles spricht dafür, daß, von eineiigen Zwillingen abgesehen, zwei Menschen niemals streng erbgleich sind. Es ist sehr wohl denkbar, daß entsprechendes für alle Organismen mit geschlechtlicher Fortpflanzung gilt. Da der Unterschied der zu verschiedenen Genotypen gehörigen Phänotypen sehr oft zu gering ist, um ohne weiteres erkannt zu werden, kann auch die sorgfältigste Untersuchung immer nur einen kleinen Teil der erblichen Mannigfaltigkeit einer Gruppe von Individuen enthüllen. In jedem Fall deuten alle entsprechenden Untersuchungen darauf hin, daß die Anzahl verschiedener Genotypen einer Art-*population* (Gesamtheit der zu einer Zeit lebenden Individuen einer Art), aber auch schon einer Teilpopulation, einer Kolonie o. dgl., absolut genommen recht groß ist. Von der Zahl der möglichen Genotypen macht sie jedoch, wie wir gesehen haben, nur einen unvorstellbar kleinen Teil aus.

Der Genetiker sieht das Wesen der Evolution[3]) in einer fortschreitenden Verschiebung der Häufigkeit bestimmter Allele, Genanordnungen o. dgl. Bei der Entstehung einer neuen Rasse oder Art werden sich manche Allele, die in der Ausgangspopulation selten waren oder gar die Häufigkeit null hatten, so lange vermehren, bis sie die ihnen entsprechenden, bisher normalen, Allele weitgehend oder ganz verdrängt haben. Als Folge eines Evolutionsschrittes werden also gewisse Gruppen von Genkombinationen aus der riesigen Menge der möglichen häufig verwirklicht sein, die vorher gar nicht oder nur selten auftraten, während andere Genkombinationen verschwunden sein werden. Dazu kämen noch Veränderungen der Lage der Gene in den Chromosomen und eventuell auch der Zahl der Chromosomen, doch wollten wir von solchen Chromosomen- und Genommutationen absehen. Auch im Hinblick auf sie erscheint die Evolution als Verschiebung der Häufigkeit von Genotypen.

Welche Faktoren können nun derartige Häufigkeitsverschiebungen zustande bringen? Da sind an erster Stelle *Mutationen* zu nennen, also sprungartige Übergänge von einem Allel in ein anderes. Es spricht nichts dafür, daß die an sich mögliche Auslösung von Genmutationen durch

[2]) Diese Tatsache sollte denen zu denken geben, die glauben, Mutationen der bisher bekannten Art könnten unmöglich zur Entstehung neuer Typen führen. Selbst wenn den Genetikern schon 2% der bei *Drosophila* möglichen Allele vor Augen gekommen wären, was kaum der Fall sein dürfte, und wenn man zugestehen wollte, daß man sich auf Grund dieser 2% schon ein berechtigtes Urteil über das durch einen Mutationsschritt Erreichbare bilden könnte, selbst dann bliebe unerfindlich, warum sich nicht unter der praktisch unendlichen Menge möglicher Genkombinationen auch die eine oder andere finden sollte, die eine Fliege mit, sagen wir beißenden Mundwerkzeugen liefert.

[3]) Streng genommen gelten diese Ausführungen nur für die Entstehung neuer Rassen und Arten, die sogenannte Mikroevolution, deren Ursachen wir in groben Zügen zu überschauen glauben. Vielfach wird, vor allem von nichtgenetischer Seite, die These vertreten, die uns bekannten Mechanismen der Mikroevolution könnten unmöglich die viel tiefer einschneidenden Veränderungen der Makroevolution, die Entstehung neuer Typen, erklären. Diese These ist aber unbegründet, da es bei der oben angedeuteten, im wahrsten Sinne unerschöpflichen Fülle der Möglichkeiten nicht angeht, aus der relativ extrem kleinen Zahl untersuchter Allelenkombinationen vorauszusagen, wo die Grenze der durch Mutationen erreichbaren Veränderungen liegt. Solange keine andersartigen Evolutionsfaktoren als die bisher bekannten nachgewiesen sind, ist es wenig denkökonomisch, solche zu postulieren. Die Möglichkeit ihrer Existenz soll dabei gar nicht geleugnet werden.

äußere Einwirkung, wie z. B. Bestrahlung, in der Evolution jemals eine nennenswerte Rolle gespielt hat. Die Häufigkeit spontaner Mutationen aber ist sehr gering, wobei sich allerdings ein allgemein gültiger Wert nicht angeben läßt, da die verschiedenen Mutationen mit ganz verschiedenen Häufigkeiten auftreten. Wenn wir z. B. drei Allele betrachten, so sind sechs Mutationen denkbar, von denen vielleicht der Schritt $a_1 \rightarrow a_2$ relativ oft begegnet, während die Rückmutation $a_2 \rightarrow a_1$ sehr selten sein mag, die Schritte $a_1 \rightarrow a_3$ und $a_3 \rightarrow a_1$ gar nicht vorkommen, und die restlichen Mutationen $a_2 \rightarrow a_3$ und $a_3 \rightarrow a_2$ mittlere Häufigkeiten besitzen. Bei *Drosophila* mag die durchschnittliche Mutationsrate pro Generation von der Größenordnung 10^{-6} sein, d. h. unter einer Million Geschlechtszellen eines Organismus, der nur das Allel a_1 besitzt, hat man im Durchschnitt etwa eine zu erwarten, in der sich a_1 in ein bestimmtes anderes Allel a_2 verwandelt hat. Eine Mutationsrate von 10^{-5} muß schon als ziemlich hoch gelten. Auch beim Menschen hat man bereits eine Mutationsrate schätzen können: Pro Generation mutiert ein bestimmtes für die normale Blutgerinnung erforderliches Allel mit einer Häufigkeit von rund 1 : 50000 in das für die Bluterkrankheit verantwortliche Allel.

Man könnte meinen, unter diesen Umständen müßte die Anlage für die Bluterkrankheit im Laufe der Generationen immer häufiger werden. Tatsächlich ist das aber nicht der Fall, weil die Bluter in geringerem Maße zur Fortpflanzung kommen. Ohne ständige Neuentstehung des Bluterallels würde diese Erbkrankheit unter dem Druck der sie benachteiligenden Auslese allmählich aussterben. In Wirklichkeit besteht eine Art Gleichgewicht zwischen dem „*Mutationsdruck*", der dieses Allel zu vermehren trachtet, und dem entgegengesetzt wirkenden „*Selektionsdruck*". Wird die Selektion verschärft, etwa durch Sterilisationsmaßnahmen, so wird sich dieses Gleichgewicht zuungunsten des unerwünschten Allels verschieben. Vollkommen austilgen läßt sich das Bluterallel freilich nicht, da es immer wieder mutativ neu erzeugt wird.

Die *Selektion* ist neben der Mutation ein von dieser unabhängiger Evolutionsfaktor. Im eben herangezogenen Beispiel handelte es sich um eine starke Selektion: Die Träger des Bluterallels sind gegenüber ihren Mitmenschen in grober Weise benachteiligt. Solcher Fälle gibt es zahlreiche, aber ungemein viel häufiger werden schwache Selektionsdrucke sein, wenn nämlich die Träger des einen Allels nur in ganz geringem Maße gegenüber denen des anderen Allels bevorzugt (oder benachteiligt) sind. Dann wird sich in einer großen Population mit freier Paarung das begünstigte Allel nur sehr langsam auf Kosten des benachteiligten vermehren, aber immerhin, es wird sich vermehren und das andere allmählich verdrängen, wenn die Selektion nur über eine genügend große Zahl von Generationen erstreckt wird. Ob die zur Verfügung stehende Generationszahl, die ja schließlich auch begrenzt ist, ausreicht, um ein Allel durch Selektion die Oberhand gewinnen zu lassen, hängt von der Stärke der Selektion, von der Ausgangshäufigkeit des begünstigten Allels und bei diploiden Organismen auch sehr wesentlich davon ab, ob sich dieses Allel dominant oder rezessiv verhält. Die Beantwortung dieser Frage ist, wenn die Voraussetzungen quantitativ bekannt sind, eine Sache der Selektionsmathematik, auf die wir in einem der folgenden Artikel zurückkommen werden. Nur so viel sei hier vorweggenommen, daß eine schwache Selektion so lange außerordentlich langsam wirkt, als eines der Allele sehr selten ist, während dann der Mutationsdruck dieses Allel zunächst recht schnell vermehren kann. Mit zunehmender Häufigkeit des Allels verliert die Mutation aber bald jede Bedeutung, während die der Selektion nun verhältnismäßig rasch zunimmt.

Es ist durchaus möglich, daß es kaum zwei Allele gibt, die völlig identischen Selektionswert haben, wenn der Unterschied auch in vielen Fällen praktisch belanglos sein mag. Aber dieser Selektionswert, diese Eignung im Lebenskampf, die ein bestimmtes Allel seinem Träger verleiht, ist keine absolute Größe, sie hängt vielmehr ganz wesentlich von den äußeren Bedingungen, vom Milieu ab. So scheinen blonde Menschen gegenüber stärker pigmentierten Rassen in den Tropen benachteiligt zu sein, während in sonnenärmeren Ländern die größere Lichtdurchlässigkeit der Haut ein Vorteil sein mag. Der Selektionswert eines Allels hängt ferner von dem sogenannten genotypischen Milieu ab, der Gesamtheit der sonstigen Gene, die das betreffende Individuum besitzt. Selektioniert werden eben niemals einzelne Allele, sondern Allelenkombinationen, ganze Genotypen. Dafür ein Beispiel:

Bei *Drosophila* kann man die „relative Vitalität" zweier Genotypen in der Weise ermitteln, daß man ein für die Aufzucht so vieler Fliegen zu kleines Kulturglas mit je 150 Eiern von beiden Sorten beschickt und später zählt, wieviel Fliegen des einen und wieviel des anderen Typs geschlüpft sind. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY (1934) hat in dieser Weise eine Reihe verschiedener Allelenkombinationen von *Drosophila funebris* mit dem normalen Typ verglichen. Tabelle 1 enthält einen Auszug seiner Ergebnisse. Die dritte Spalte zeigt, wie bei mittlerer Temperatur die Gene *bobbed* und *miniature*, die beide für sich genommen die Vitalität erheblich herabsetzen, kombiniert eine fast normale Vitalität liefern. Der Vergleich mit der zweiten und vierten Spalte zeigt ferner, daß der Selektionswert beider Gene außer vom genotypischen Milieu ganz wesentlich von äußeren Bedingungen, in diesem Fall der Temperatur, abhängt. So ist *bobbed* bei hoher Temperatur seinem normalen Allel fast gleichwertig, während es mit abnehmender Temperatur in immer stärkerem Maße die Vitalität herabsetzt.

Tabelle 1. Relative Vitalität der Gene *miniature* und *bobbed* und ihrer Kombination, ausgedrückt in Prozent der Vitalität ihrer normalen Allele (mit + bezeichnet). Durch Einkreuzen der Gene in denselben Stamm wurde das sonstige genotypische Milieu praktisch konstant gehalten. Sämtliche Fliegen (*Drosophila funebris*) homozygot (nach TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, 1934).

Genotyp		Temperatur in °C		
		15—16	24—25	28—30
+	+	100	100	100
miniature	+	91,3	69,0	63,7
+	*bobbed*	75,3	85,1	93,7
miniature	*bobbed*	—	96,6	—

Einen weiteren von Mutation und Selektion unabhängigen Faktor stellt der *Zufall* dar, der um so stärker ins Spiel kommt, je kleiner die

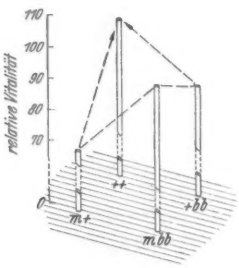


Fig. 1. Relative Vitalität der Gene miniature (m) und bobbed (bb) und ihrer Kombination, dargestellt als Höhen im Genotypenfeld. Zugrundegelegt wurde die dritte Spalte der Tabelle 1.

Individuenzahl einer Population ist. Während nämlich in einer genügend großen Population die einzelnen Allelenhäufigkeiten praktisch konstant bleiben würden, wenn es keine Mutation und Selektion gäbe, gilt das in kleinen Populationen nicht mehr. Denn wenn hier ein Allel nur mit geringer Häufigkeit vertreten ist, gibt es nur eine kleine Anzahl von Individuen, die dieses Allel besitzen, und es kann leicht geschehen, daß rein zufällig gerade diese Individuen nicht zur erfolgreichen Fortpflanzung kommen, womit das Allel aus der Population verschwindet. Der Zufall wirkt insofern den Mutationen entgegen, als diese die erbliche Mannigfaltigkeit vermehren, jener sie aber vermindert. Es stellt sich so ein Gleichgewicht heraus, das von der Größe der Population abhängt. In sehr kleinen Populationen wird dieser Prozeß der zufälligen Allelenelimination so schnell vorangehen, daß daneben die verhältnismäßig seltenen Mutationen praktisch bedeutungslos werden. Auch die Selektion kann in hinreichend kleinen Populationen gegen die zufällige und ungerichtete Ausschaltung von Allelen nicht aufkommen, wodurch natürlich die Gefahr entsteht, daß der Zufall die Entwicklung der genetischen Zusammensetzung einer Population in eine nachteilige Bahn drängt, die unter Umständen sogar zum Untergang führen kann.

Wegen der Abhängigkeit der zufälligen Elimination von der Größe der Population stellt die Zerlegung einer Population in wirksam voneinander getrennte Teilpopulationen (Kolonien) einen für die Evolution sehr wesentlichen Vorgang dar. Wenn man will, kann man diese *Isolation* als eigenen Evolutionsfaktor auffassen.

Um den Grundgedanken des WRIGHTschen Evolutionsmodells zu verstehen, kehren wir noch einmal zur dritten Spalte der Tabelle 1 zurück und geben ihr in folgender Weise eine räumliche Deutung, wobei wir, um ganz einfache Verhältnisse vor Augen zu haben, annehmen wollen, es handele sich um einen haploiden Organismus. Dann gibt es bei sonst gleichem genotypischem Milieu nur vier voneinander verschiedene Genotypen, die wir als Punkte in ein ebenes „Genotypenfeld" eintragen (Fig. 1). Indem wir zu jedem Punkt die relative Vitalität als Höhe einzeichnen, erhalten wir zu jedem Genotyp einen Raumpunkt. Denken wir uns beispielsweise eine Population, deren Individuen sämtlich die genetische Konstitution m bb haben. Die Population ist also auf den zu m bb gehörigen Raumpunkt konzentriert. Eine Evolution dieser Population setzt das Auftreten von Mutationen voraus. Da das simultane Mutieren beider Gene als zu unwahrscheinlich außer acht gelassen werden kann, wird zunächst einer der Punkte m + oder + bb besetzt werden, und erst von da aus kann ein weiterer Schritt zu + + führen. Die Entwicklung von m bb zu + + wird sich also auf den durch gestrichelte Pfeile markierten Wegen vollziehen, die beide durch ein „Tal" führen.

Die Selektion wird dahin wirken, die durch ihre geringere Vitalität benachteiligten Individuen zu vermindern, mit anderen Worten die Population auf den höchsten überhaupt besetzten Punkt zusammenzudrängen und damit die Individuenzahl der tiefer gelegenen Punkte m + und + bb solange zu reduzieren, bis der Zufall zu ihrer völligen Verödung führt. Das wird häufig geschehen, bevor + +-Individuen aufgetreten sind, oder, wie wir bildlich sagen können, bevor ein Vertreter der Population den Gipfel + + erreicht hat. Das Tal stellt sich somit als fühlbares Hindernis der für die Population günstigen Entwicklung von m bb zu + + entgegen. In sehr kleinen Populationen kann es freilich auch geschehen, daß zufällig alle Individuen außer einigen, z. B. m+-Tieren, verschwinden. Dann sitzt die Population bis zum Neuauftreten einer Mutation im tiefsten Punkt des Tales fest, was für ihr Bestehen im Lebenskampf offenbar gefährlich werden kann. Es sei aber daran erinnert, daß die Höhenlage der verschiedenen Genotypen weitgehend von den Außenbedingungen abhängt. So

wird z. B. in unserem Fall (vgl. Tabelle 1) der bei mittleren Temperaturen sehr ungünstige Punkt m+ beim Übergang zu etwa 15° C so stark in die Höhe steigen, daß die ursprüngliche benachteiligte Population nun der Umwelt recht gut angepaßt ist.

Das WRIGHTsche Modell ergibt sich als eine Verallgemeinerung des eben besprochenen Beispiels. Man denke sich dazu alle überhaupt möglichen Genotypen einer Art oder auch einer größeren systematischen Kategorie als Punkte in einem Genotypenfeld so angeordnet, daß *zwei Genotypen stets um so weiter voneinander entfernt sind, je größer die Zahl von Mutationsschritten ist, die benötigt werden, um einen Genotyp in den anderen zu überführen.* Insbesondere

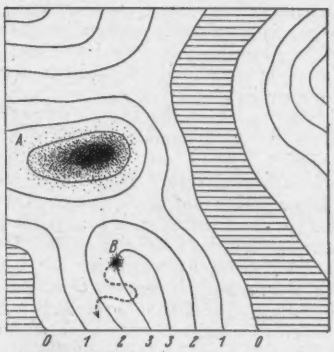


Fig. 2. Schematische Darstellung eines Genotypenfeldes (Ausschnitt) mit einer großen *(A)* und einer kleinen Population *(B)* (Erklärung im Text).

sollen also Genotypen, die sich nur in einem Gen unterscheiden, unmittelbar benachbart liegen. Zu jedem Punkt denkt man sich nun wieder den irgendwie gemessenen Selektionswert, die Eignung des betreffenden Genotyps bei bestimmten Umweltbedingungen, als Höhe angetragen. Eine durch die so gegebenen Raumpunkte gelegte Fläche wird das Bild einer von breiten Tälern, aber auch schroffen Klüften durchzogenen Hügellandschaft bieten. Diese scharfen Einschnitte beruhen darauf, daß, wie schon das Beispiel lehrt, bereits eine Mutation zu einer erheblichen Veränderung des Selektionswertes führen kann. Aber die Regel ist das sicher nicht, und so werden für die Evolution im allgemeinen nur die großen Formen dieser „Genotypenlandschaft" von wirklicher Bedeutung sein. Indem wir diese durch Höhenschichtlinien darstellen, erhalten wir ein Bild, wie es schematisch die Fig. 2 wiedergibt, die natürlich nur als winziger Ausschnitt des Feldes möglicher Genotypen aufzufassen ist. Dabei bezeichnen die Höhenangaben den Selektionswert in einem willkürlichen Maßstab. Die Gipfel repäsentieren also harmonische, dem Milieu gut angepaßte Genotypen, während in den Tälern für die herrschenden Umweltbedingungen wenig geeignete Allelenkombinationen liegen. Die Höhe null soll die Grenze des überhaupt noch Lebensfähigen bedeuten. Eine Mutation, die über diese Grenze nach unten führt, verursacht den mehr oder weniger frühen Tod der Träger des neuen Allels, sie ist, wie man sagt, eine *Letalmutation.*

Die Überlegungen, die wir am früheren Beispiel mit nur zwei Allelenpaaren durchgeführt hatten, lassen sich offenbar ohne weiteres in viel allgemeinerer Form auf dieses Modell übertragen. Wir betrachten nun eine Population, in der Panmixie herrscht, d. h. in der Paarung zufallsgemäß zwischen beliebigen Partnern erfolgt. Dann wird diese Population, ähnlich wie sie in der Natur ein zusammenhängendes Areal besiedelt, auch im Genotypenfeld einen zusammenhängenden Bereich mehr oder weniger locker bedecken. Haben wir zwei geographisch getrennte Populationen, so werden sich mit der Zeit durch den Prozeß der zufälligen Allelenelimination und infolge der an verschiedenen Standorten etwas verschiedenen Selektionsbedingungen genetische Unterschiede entwickeln, die zu einer Trennung auch im Genotypenfeld führen. Dasselbe wird allerdings auch geschehen, wenn die beiden Populationen in der Natur gar nicht räumlich, sondern nur durch irgendwelche physiologischen Schranken voneinander geschieden sind, die eine Kreuzung unter natürlichen Bedingungen zwischen ihnen unmöglich machen. Obwohl also eine gewisse Analogie zwischen der geographischen Verteilung von mehreren Populationen und ihrer Lage im Genotypenfeld bestehen kann, darf man sich nicht verleiten lassen, in den Genotypenarealen etwa ein Bild geographischer Areale zu sehen!

Das Wirken der Evolutionsfaktoren stellt sich nun im Modell sehr anschaulich in folgender Weise dar: Der Selektionsdruck tendiert dahin, die Population auf dem höchsten von Individuen der Population schon erreichten Gipfel zusammenzudrängen. Umgekehrt sucht der Mutationsdruck das von der Population besetzte Areal nach allen Seiten möglichst auszuweiten, also auch die tiefer gelegenen Regionen zu besiedeln. Das Gegeneinander der beiden Kräfte erzeugt ein gewisses Gleichgewicht, so daß eine individuenreiche Population etwa das Bild des Falles *A* in Fig. 2 bieten wird.

Ganz anders bei einer sehr kleinen Population, bei der die zufällige Allelenelimination zu einer starken Verarmung des Genotypenbestandes führt und damit zu einer entsprechenden Verkleinerung des Populationsareals im Genotypenfeld. Wegen des zufälligen Charakters dieses Vorganges wird der Ort einer solchen Population im Genotypenfeld ebenfalls ein ziemlich zufälliger sein, der sich überdies ständig ändert, indem gelegentlich neue Punkte durch Mutationen erobert, andere zufällig aufgegeben werden. So wandert

diese Population (*B* in Fig. 2) auf einer recht regellosen Bahn herum. Je kleiner sie ist, um so weniger kann der Selektionsdruck gegen den Zufall aufkommen, und um so größer wird die Gefahr, daß die Population in tiefe Regionen gerät, also einen Allelenbestand erhält, der den gegebenen Umweltbedingungen nicht mehr genügend angepaßt ist, um die Weiterexistenz der Population zu ermöglichen.

Bei einer Population mittlerer Größe kann dieses ziellose Herumwandern allerdings auch zu einem evolutionären Fortschritt führen. Dann nämlich, wenn der Selektionsdruck zwar ausreicht, um das Abgleiten der Population in allzu tiefgelegene Bezirke zu verhindern, es aber anderseits doch zuläßt, daß die Population einen vielleicht höheren neuen Gipfel erreicht, indem sie zufällig ein Tal durchschreitet, das für eine große Population wegen der zu starken Wirkung des Selektionsdruckes unpassierbar wäre. Mit dieser Möglichkeit erweist sich die Begrenzung der Größe von Populationen als außerordentlich bedeutsam, da das Kernproblem der Evolution, wie WRIGHT betont, gerade darin besteht, einen Mechanismus zu ermitteln, der es einer Population erlaubt, gelegentlich einen Weg von einem Gipfel durch ein trennendes Tal zu einem höheren Gipfel zu finden. Täler, die unter die Nullebene reichen, bleiben freilich in jedem Fall unüberschreitbar.

Es sei noch einmal daran erinnert, daß der Selektionswert eines Genotyps durchaus von den Umweltbedingungen abhängt. Ändern sich diese, etwa das Klima oder die biologische Umwelt, wird sich auch die „Hügellandschaft" des Genotypenfeldes ändern: aus Tälern können neue Gipfel emporwachsen, Gipfel können in der Tiefe versinken und vorher unpassierbare Senken können gangbar werden.

Die hier behandelten Beispiele sollten nicht so sehr die Wege der Evolution als das Arbeiten des WRIGHTschen Modells demonstrieren. Seine Anwendung zur Erläuterung der Möglichkeiten, die der Evolution offenstehen, wird es in anderen Artikeln dieser Reihe finden. Uns bleibt aber noch der Nachweis zu liefern, daß dieses Modell, wie anfangs behauptet, ein solches im engeren Sinne ist. An sich kann man natürlich sämtliche denkbaren Genotypen auf einer Ebene abbilden. Sobald man aber die realen Verhältnisse berücksichtigt, sieht man, daß dann die auf S. 201 ausgesprochene Forderung unerfüllt bleibt, wonach der Abstand zweier Genotypen mit der Zahl der Mutationsschritte gesetzmäßig zunehmen soll, die erforderlich sind, einen Genotyp in den anderen zu überführen. Man nehme nur den Fall dreier Gene mit je zwei Allelen. Um die Forderung zu befriedigen, muß man die acht Genotypen schon dreidimensional anordnen, etwa als Ecken eines Würfels. Weitere Dimensionen werden im allgemeinen benötigt, wenn, wie es in Wirklichkeit der Fall ist, Gene mit mehr als zwei Allelen zu berücksichtigen sind. Allgemein braucht man offenbar für n Gene mindestens n Dimensionen für das Genotypenfeld, wozu noch eine weitere Dimension für die Darstellung der Selektionswerte käme. Jene Forderung ist aber unentbehrlich, da ohne sie der für die Brauchbarkeit des Modells notwendige Zusammenhang einer panmiktischen Population in sich und die Trennung zweier in der Natur getrennter Populationen im Genotypenfeld verloren ginge. Um also ein anschauliches Modell zu bekommen, muß man davon abstrahieren, daß sich Genotypen aus n Genen mit mindestens je zwei Allelen zusammensetzen. Dann darf man die n + 1 Dimensionen auf 3 reduzieren. Diese Abstraktion ist auch zulässig, da an dem Modell die großen Linien der Evolution erläutert werden sollen und es dabei irrelevant ist, wie und woraus sich Genotypen zusammensetzen. In diesem Zusammenhang ist allein wesentlich, daß sie durch aufeinanderfolgende Mutationsschritte auseinander hervorgehen, und daß ihre Häufigkeiten durch Selektion und Zufall verändert werden können.

Literatur[4]).

K. PÄTAU, Chromosomenmorphologie bei *Drosophila melanogaster* und *Drosophila simulans* und ihre genetische Bedeutung. Naturwiss. **23**, 537—543 (1935). — N. W. TIMOFFÉEFF-RESSOVSKY, Über die Vitalität einiger Genmutationen und ihrer Kombinationen bei *Drosophila funebris* und ihre Abhängigkeit vom „genotypischen" und vom äußeren Milieu. Z. ind. Abst. **66**, 319—344 (1934). — S. WRIGHT, The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding and selection in evolution. Proceedings of the 6th Int. Congr. of Genetics **1**, 356—366 (1932).

[4]) Für weitere Literatur siehe die folgenden Artikel dieser Reihe.

Die Kohlensäureanhydratase hemmende und fördernde Stoffe im Säugetierblut.

Von MICHAEL LEINER, Berlin.

Wenn im gesunden Körper der Kohlendioxyddruck im arteriellen Blute innerhalb einer kleinen Schwankungsbreite konstant ist, so liegt dies in erster Linie an der Atemregulation und dann an kleinen, je nach dem Tätigkeitsgrad des Körpers verschieden großen p_H-Schwankungen im Blute (4), da sich mit diesen die Gleichgewichtslage der Reaktion

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O \qquad (1)$$

stark ändert (1). Als dritter Regulationsfaktor kommt wahrscheinlich eine wechselnde Wirksamkeit der Kohlensäureanhydratase (KA) in Be-

tracht (2). Es läßt sich überschlagend berechnen, daß im gesunden Körper in den Blutkörperchen so viel von diesem Ferment vorhanden ist, daß auch bei sehr gesteigerter Kohlendioxyderzeugung des Körpers seine Menge erst bei ungenügender Aktivierung der begrenzende Faktor in der Geschwindigkeit der CO_2-Abgabe werden kann. Während also die fördernden Stoffe (Aktivatoren) der KA im Blute wahrscheinlich regulierend wirken, haben die physiologischen Hemmstoffe (Inhibitoren) offenbar eine andere Aufgabe. Denn ein Übermaß von KA in den Erythrozyten vermag die durch die H^+-Konzentration in den roten Blutzellen und den CO_2-Gehalt der Luft in den Lungenalveolen vorgeschriebene CO_2-Abgabe nicht zu steigern. Auch hat man die Hemmstoffe bis jetzt nur im Blutplasma gefunden (3), während die Aktivatoren sowohl im Blutplasma als auch in den Erythrozyten vorkommen.

Das p_H des Blutplasmas ist stets 0,1—0,4 Einheiten höher als das der roten Blutkörperchen. Z. B. gibt HENDERSON (4) für einen gesunden Mann in der Ruhe im venösen Blutplasma ein p_H von 7,43 und in den Erythrozyten ein solches von 7,11 an und für andere gesunde Versuchspersonen ähnliche Zahlen. Nach FAURHOLT (1) liegt bei p_H 7,0 das Gleichgewicht der Reaktion [Gl. (1)] bei etwa 31% CO_2, bei p_H 7,5 jedoch bei etwa 14%. Durchschreitet also das in den Erythrozyten aus den eingewanderten HCO_3-Ionen gebildete Kohlendioxyd auf dem Wege in die Lungenalveolen das Blutplasma, so würde dort ein Teil dieses CO_2 in die Hydratform zurückverwandelt und im Kreislauf wieder in die Erythrozyten zurückwandern, wenn die genannte Gleichgewichtsreaktion dort ebenfalls so rasch verliefe wie in den roten Blutzellen. Es wäre also unzweckmäßig, wenn sich auch im Blutplasma wirksame KA befände. Gerät das Ferment aber beim normalen Erythrozytenzerfall dort hinein, so wird es ausgeschaltet. Das geschieht durch Hemmstoffe und schnelle Ausscheidung durch die Nieren. Es wäre bei der hohen Körpertemperatur der Säugetiere sogar sehr vorteilhaft, wenn die Reaktion [Gl. (1)] im Blutplasma noch sehr viel langsamer als in einer wässerigen Lösung verliefe. Das ist auch der Fall.

Mißt man mit einer geeigneten elektrometrischen Apparatur die p_H-Verschiebung in einem nachgiebigen Karbonatpuffer während der Hydratation des Kohlendioxydes, so erhält man die etwas S-förmig gebogene Kurve *1* der Fig. 1. Das Gleichgewicht (p_H etwa 7,1) ist nach etwa zwei Minuten erreicht. Bringt man nun in die Reaktionsflüssigkeit eine Spur praktisch hämolysefreies Blutplasma oder Serum eines Säugetieres oder vom Menschen, so daß die Plasma- oder Serumverdünnung in der Reaktionsflüssigkeit 1/40—1/300 beträgt, so wird die Reaktion erheblich verlangsamt infolge einer intermediären Karbamatbildung. In Fig. 1 ist dies mit Schweineserum (Kurve *2*) veranschaulicht, das die Zeit der Reaktion im Ganzen etwa verdoppelt, in Fig. 2 durch immunisiertes Kaninchenserum, das noch stärker verlangsamt. Nach Zusatz von normalem Kaninchenserum ist die Verlangsamung nicht geringer. Infolge der Bildung von Karbamat ist die p_H-Verschiebung gegenüber der Reaktion ohne Serum anfänglich etwas beschleunigt, aber vom p_H etwa 8,5 an macht sich die Verlangsamung wegen des durch die intermediäre Karbamatbildung erniedrigten CO_2-Druckes stark bemerkbar. Mit fallendem p_H wird das karbamingebun-

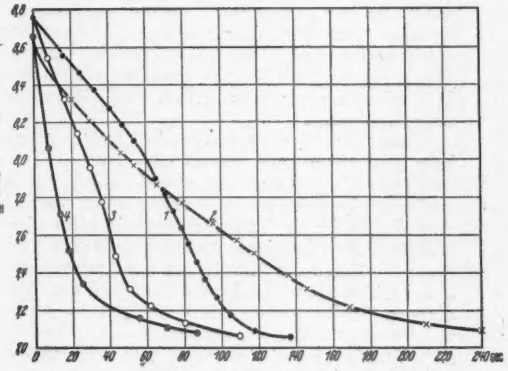


Fig. 1. Wirksamkeit von Schweineserum bei der p_H-Verschiebung durch die Hydratation des Kohlendioxydes. Elektrometrische Messung bei 0°. Im Reaktionsraum: 1 ccm m/50 Karbonatpuffer p_H 8,78, zu dem bei Beginn der Messung 1 ccm m/200 CO_2-Lösung eingelassen wird. (Die Jenaer Glaselektrode hatte 23 Megohm Widerstand. Eichkonstante bei 0°: 54,4 Millivolt.)

Zusätze: Kurve *1:* 0,1 ccm H_2O. Kurve *2:* 0,05 ccm H_2O + 0,05 ccm Schweineserum, das vorher 60 Minuten im Wasserbad von 65—70° gehalten worden war. Kurve *3:* 0,05 ccm H_2O + 0,05 ccm Fermentlösung (0,12 γ Ferment). Kurve *4:* 0,05 ccm Schweineserum + + 0,05 ccm Fermentlösung (0,12 γ Ferment).

dene CO_2 zunehmend wieder frei. Die Reaktion mit Serum- oder Plasmazusatz geht bei einer Gesamtverdünnung von 1/40—1/80 fast und bei stärkerer Verdünnung ganz bis zu dem gleichen Endpunkt, den auch die Reaktion ohne Serum hat. Die im Wesen gleiche Verlangsamung erhält man, wenn man statt Blutplasma oder Serum neutralisierte Peptide, Aminosäuren oder Ammoniumsalze hinzusetzt in einer Konzentration, welche die Pufferung des verwendeten Karbonatpuffers nur unwesentlich verändert (z. B. Leuzyl-Glyzyl-Glyzin, Glyzyl-Tyrosin, Alanin, Zystein). Wie im *in vitro*-Versuch eine Spur Blutplasma wirkt, so wirkt natürlich auch *in vivo* das unverdünnte Blutplasma. Durch seine schwach basische Reaktion ermöglicht es also die Karba-

matbildung, verlangsamt dadurch die Reaktion [Gl. (1)] und verhindert stärkere p_H-Schwankungen beim Eintreten von CO_2 ins Blut.

1. In Fig. 1 ist in der Kurve *3* auch die beschleunigende Wirkung von 0,12 γ KA in 2 ccm Reaktionsflüssigkeit auf die Reaktion [Gl. (1)] gezeigt. Bringt man zu dem Ferment auch noch eine Spur (etwa 0,01—0,05 ccm) natives, praktisch hämolysefreies Blutplasma oder unerhitztes bzw. vorher im Wasserbad erhitztes Serum vom Menschen oder Kaninchen oder kurze Zeit auf 60° erhitztes Plasma oder Serum von Schwein, Pferd, Schaf oder Katze, so ist die Reaktionsbeschleunigung durch die KA sehr viel größer, meist um ein Vielfaches, obwohl der gleiche Plasma- und Serumzusatz allein die Reaktion stark verlangsamt. Das Schweineserum, das in Fig. 1, Kurve *4*, als Beispiel gewählt ist, aktiviert viel schwächer als etwa Serum vom Menschen oder Kaninchen.

Diese das Ferment fördernden Stoffe gehen beim Dialysieren zum großen oder größten Teil durch die Cellophanmembran und befinden sich auch noch im gekochten und enteiweißten Serum. Andererseits ist ein Teil auch noch in allen dialysierten Eiweißfraktionen vorhanden, die man z. B. durch Versetzen des Blutplasmas mit Ammoniumsulfat erhält. Dieser hochmolekulare Teil der fördernden Stoffe schützt auch die KA *in vitro* weitgehend vor der Denaturierung durch Schütteln, Verdünnen und Erwärmen, was der niedrigmolekulare nicht tut. Di- und Polypeptide aktivieren nicht meßbar (mit Ausnahme von Glutathion, Karnosin und Anserin), stabilisieren aber ein wenig. Es ist noch nicht die Natur aller niedrigmolekularen Aktivatoren im Blutplasma bekannt. Doch weiß man (2), daß einige Aminosäuren, die auch im Blute vorkommen, auffallend stark fördern, und zwar kann die katalytische Wirkung einer Fermentmenge durch etwa die 100- bis 200fache Gewichtsmenge dieser Verbindungen maximal [500 bis 600% (5)] gesteigert werden, z. B. 0,2—0,3 γ Ferment in 2 ccm Reaktionsflüssigkeit durch etwa 30—40 γ Zystein und Histidin. In sehr viel größeren Mengen aktivieren ganz wenig auch andere Aminosäuren die gleiche Fermentmenge, z. B. 500—1000 γ Alanin. Zur maximalen Aktivierung von 1 Fermentmolekül sind also viele tausend Aktivatormoleküle nötig.

Das Wesen der Aktivierung ist noch nicht hinreichend geklärt. Die KA ist eine Zinkeiweißverbindung, und ein wesentlicher Faktor bei der Aktivierung ist wahrscheinlich der vollständige oder teilweise Entzug des Zinks. Man hat in dem Ferment bis zu 0,51% Zink festgestellt (6), (2), (7). Jedoch besteht keine durchgehende Proportionalität zwischen Zinkgehalt und Wirksamkeit (2). Denn oft sind Präparate von 0,14—0,18% Zink wirksamer als solche von 0,3—0,5%. Die wahrscheinlich reinsten (kristallisierenden) Präparate enthalten nur 0,14—0,22% Zink (8). Den verschiedenen Zinkeiweißverbindungen im tierischen Körper kann man durch Komplexbildner wie Zystein das Zink entziehen. Z. B. gibt es in der Aderhaut der Knochenfische ein Zinkproteid mit häufig über 3% Zink, das man praktisch restlos durch eine 0,1 m Zysteinlösung fortnehmen kann. So vermag man auch der KA durch eine stark konzentrierte neutralisierte Zysteinlösung mit der 20fachen Gewichtsmenge Zystein (z. B. 50 mg Ferment und 1 g Zystein in 20—25 ccm Wasser) $^4/_5$ des Zinks zu entziehen. Bei der maximalen Aktivierung wird aber ja mindestens die 100fache Gewichtsmenge Zystein benötigt, dabei ist allerdings die Konzentration von Ferment und Zystein viel geringer (siehe oben). Aber auch so wird dem Ferment durch Zystein viel Zink entzogen. Bringt man aber in die Reaktionsflüssigkeit von 2 ccm, die 0,2 γ Ferment und 50 γ Zysteinhydrochlorid (etwa m/6000 Zystein) enthält, noch Zinksalzspuren (z. B. Zinksulfat), so daß die Zinksalzkonzentration m/40000 wird, so aktiviert das Zystein nicht mehr, weil es dem Ferment nicht genug oder überhaupt kein Zink mehr entziehen kann. MELDRUM und ROUGHTON (9) u. a. geben an, daß durch Zinksalzzusatz (z. B. m/1000 Zinksulfat) eine teilweise Hemmung des Ferments erfolgt. Mit der zinkfreien (sehr leicht denaturierenden) KA kann man schlecht experimentieren, da überall die Zinkspuren vorhanden sind, welche die Fermentmenge, mit der man mißt, normalerweise besitzt. Z. B. benötigen 0,2 γ KA nur etwa $3 \cdot 10^{-4}$ γ Zink. Zur Aktivierung der KA gehören jedoch außer dem Zinkentzug noch andere bisher unbekannte Umstände. Ob und wie weit eine intermediäre Karbamatbildung die Fermentkatalyse fördert, obwohl sie den CO_2-Druck herabsetzt, ist noch nicht genügend geklärt. Es gibt viele karbamatbildende Substanzen wie die oben erwähnten Peptide, die keine Aktivatoren sind.

Der Aktivierungsgrad im Versuch hängt von der Reihenfolge der Zusätze zur Reaktionsflüssigkeit ab. Statt Ferment und Aktivatoren getrennt jedes für sich in die Reaktionsflüssigkeit zu bringen, kann man auch beide Stoffe in stärkerer Konzentration, aber im gleichen Mengenverhältnis erst mischen und kurze Zeit stehen lassen, um dann die zum Messen benötigte Menge des Gemisches in die Reaktionsflüssigkeit zu geben. Im letzteren Fall ist die Aktivierung oft doppelt bis dreifach so groß. Daraus kann man schließen, daß sie ein sehr langsam verlaufender Vorgang ist.

Die Anionen der niedrigmolekularen Aktivatoren des Blutplasmas können wohl leicht durch die Erythrozytenmembran wandern und somit bei der eingangs erwähnten Regulation mitwirken. Experimentelle Untersuchungen (10) über den Anionenwechsel zwischen Erythrozyten und Außenflüssigkeit erlauben die Vermutung, daß in den Lungen die Aktivatoren um so stärker in die roten Blutzellen wandern, je mehr HCO_3-Ionen

in sie eindringen, also je größer die Fermentbeanspruchung ist. Das wäre also eine einfache Selbstregelung.

2. Im Gegensatz zum Blutplasma vom Menschen und Kaninchen hemmt das vorher nicht erhitzte Blutplasma von Pferd, Schaf, Schwein oder Katze in einer Verdünnung von $^1/_{40}$ bis $^1/_{300}$ das Ferment, anstatt es zu aktivieren. Z. B. werden 0,2—0,3 γ Ferment durch 0,01—0,05 ccm Plasma dieser Tiere vollständig gehemmt (3). Die p_H-Verschiebungskurve verläuft also ebenso, wie wenn nur Blutplasma und kein Ferment in der Reaktionsflüssigkeit wäre (Kurve 2 in Fig. 1). Nimmt man größere Fermentmengen, so ist die Hemmung nur eine teilweise. Fast stets ist sie größer, wenn man Ferment und Blutplasma vor dem Hineinbringen in die Reaktionsflüssigkeit mischt und kurze Zeit (einige Minuten genügen) stehen läßt. Erwärmt man das Plasma einige Minuten auf 60—65°, so ist die Hemmwirkung vermindert oder ganz aufgehoben, und die im Plasma auch noch vorhandenen Aktivatoren zeigen ihre beschleunigende Wirksamkeit. Der so stark hitzelabile Hemmstoff ist ein Eiweiß der Pseudoglobulinfraktion des Plasmas. Die Hemmwirkung dieses Pseudoglobulins kann durch noch so starke Zysteinkonzentration nicht herabgesetzt werden. Erst bei kleinen Hemmstoffmengen und großen Ferment- und Zysteinmengen setzt sich die aktivierende Kraft des fördernden Stoffes durch. Offenbar dient bei den genannten Tieren der Hemmstoff dazu, die beim normalen Erythrozytenzerfall ins Blutplasma geratene KA unwirksam zu machen. Als Eiweiß vermag er in die Erythrozyten nicht einzudringen.

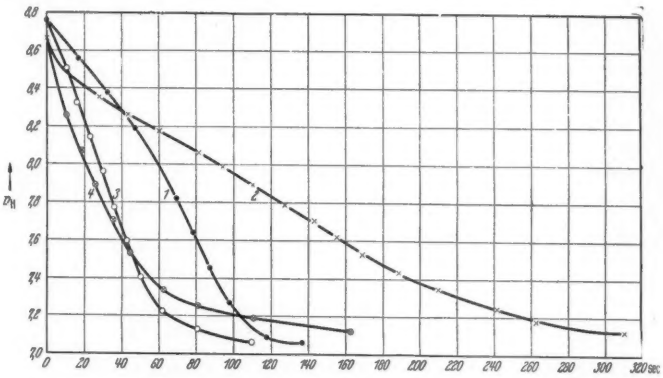


Fig. 2. Wirksamkeit von immunisiertem Kaninchenserum bei der p_H-Verschiebung durch die Hydratation des Kohlendioxydes (alles andere wie in Fig. 1).

Es ist aber seltsam, daß der Hemmstoff bei manchen Säugetieren, z. B. dem Kaninchen, und auch beim Menschen durch Messungen *in vitro* nicht gefunden werden kann. Beim Menschen ist er auch dann mit der bisherigen Meßmethode nicht festzustellen, wenn größere KA-Mengen hintereinander in Abständen von einigen Tagen intravenös injiziert worden sind. Die KA ist dann schon nach 3—5 Minuten in großen Mengen im Harn nachweisbar. Vielleicht ist der Hemmstoff aber doch in geringer Menge im immunisierten oder sogar auch im normalen Menschenblutplasma vorhanden und nur bei der im Experiment notwendigen starken Plasmaverdünnung, bei der die Aktivatoren noch gut wirken, nicht aufzufinden. Ist er doch auch im Blute von Schaf, Katze, Schwein und Pferd in verschiedener Menge vorhanden. Z. B. ist im Schafblut sehr viel mehr als im Pferdeblut. (Beim spontanen Gerinnenlassen des Blutes mancher Tiere bleibt mitunter ein Teil des Hemmstoffes im Blutkuchen zurück. So kommt es, daß im Schweine- und Pferdeserum manchmal nur so wenig vorhanden ist, daß eine Hemmwirkung bei der im Versuch notwendigen Verdünnung auch nicht mehr gemessen werden kann.)

Anders verhält sich das Blutplasma vom Kaninchen, wo nach wiederholter intravenöser Injektion der KA ein Hemmstoff (Immunstoff, Antiferment) auftritt, obgleich auch hier die Ausscheidung des eingespritzten Fermentes durch die Nieren sehr rasch vor sich geht (11). Die hemmende Wirkung dieses Stoffes kann ebenfalls durch Aktivatoren wie Zystein, Glutathion, Histidin oder Histamin nicht aufgehoben werden. Aber dieser Hemmstoff unterscheidet sich von dem der oben genannten anderen Tiere durch seine Hitzebeständigkeit. Man kann das Serum von einem immunisierten Kaninchen (mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt) mehrere Stunden im Wasserbad bei 70° halten, ohne daß seine hemmende Eigenschaft ganz verschwindet. In der Regel ist die Hemmwirkung von 0,05 ccm Immunserum geringer als diejenige der gleichen Menge von normalem Schaf- und Katzenserum. In Fig. 2 ist die geringe Hemmwirkung von 0,05 ccm vorher erhitztem Immunserum in der Kurve *4* zu sehen. Das Serum vom gleichen Kaninchen vor der Immunisierung aktivierte unerhitzt oder erhitzt so stark, daß es bei der Versuchsanordnung der Fig. 2 kaum mehr zu messen war. (Dadurch, daß das p_H der Reaktionsflüssigkeit durch das Hineinbringen des Serums etwas gesenkt wurde, und wegen der p_H-senkenden Wirkung der Karbamatbildung liegt die Kurve *4* anfänglich etwas tiefer als die Fermentkurve, Kurve *3*.)

Wenn man Ferment und Immunserum vor dem Verbringen in die Reaktionsflüssigkeit in stärkerer Konzentration mischt und die Mischung kurze Zeit stehen läßt, ist die Hemmwirkung bedeutend größer (oft 2—3mal so groß) als bei getrenntem Zusetzen, während ja normales Kaninchenserum bei vorheriger Mischung mit Ferment eine stärkere Aktivierung zeigt. Auf diese Weise läßt sich der Unterschied zwischen normalem und immunisiertem Kaninchenserum am besten zeigen. Manchmal verstärkt sich die Hemmwirkung noch weiterhin, wenn die Mischung einige Tage steht. Also nicht nur die Aktivierung, sondern auch die Hemmung der KA durch die natürlichen Hemmstoffe ist ein sehr langsam verlaufender Vorgang. Zu welchen chemischen Verbindungen der Kaninchenhemmstoff gehört, und ob er ebenfalls nicht durch die Erythrozytenmembran wandern kann, ist noch ungeklärt. Es ist auch noch ganz unbekannt, wie die beiden Hemmstoffarten auf die KA einwirken. Die Hemmung des Fermentes durch nichtphysiologische Substanzen wie Sulfanilamid, Permanganat, Blausäure, Rhodanid, Merkurioxyd u. a. ist offenbar anderer Art.

Die Aufgabe der Hemmstoffe, jene KA-Mengen, die beim normalen oder krankhaften Erythrozytenzerfall ins Blutplasma gelangen, unwirksam zu machen, können sie erfüllen, da sie über die Aktivatoren des Blutplasmas dominant sind.

Literatur.

1. K. J. FAURHOLT, J. Chim. physique **21** (1924). — 2. M. LEINER und G. LEINER, Biol. Zbl. **60**, 449 (1940). — 3. V. H. BOOTH, J. Physiol. (Brit.) **91**, 474 (1939). — 4. L. J. HENDERSON, Blut, seine Pathologie und Physiologie. 1932. — 5. M. LEINER, Naturwiss. **30**, 241 (1942). — 6. D. KEILIN und T. MANN, Biochemic. J. 34, 1163 (1940). — 7. E. HOVE, C. A. ELVEHJEM und E. B. HART, J. biol. Chem. (Am.) **144**, 371 (1942). — 8. D. A. SCOTT und A. M. FISHER, J. biol. Chem. (Am.) **144**, 371 (1942). — 9. N. U. MELDRUM und F. J. W. ROUGHTON, J. Physiol. (Brit.) **80** (1934). — 10. M. H. JAKOBS und D. R. STEWART, J. gen. Physiol. (Am.) **25**, 539 (1942). — 11. H. VAN GOOR, Acta neerld. Physiol. etc. **11**, 218 (1941).

Zum 50. Todestage von Hermann v. Helmholtz.

(8. September 1944.)

Von M. v. LAUE.

HELMHOLTZ, 1821 zu Potsdam geboren, Professor der Physiologie in Königsberg, Bonn und Heidelberg, von 1871 Professor der Physik an der Berliner Universität, von 1888 bis zu seinem Tode Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, war ein Mann, dessen Begabung von der Mathematik über die ganze Physik hin bis in die Philosophie hinein, ja bis zur Musik hin reichte. Vielleicht war ihm der 52 Jahre ältere ALEXANDER v. HUMBOLDT in vielseitiger Betätigung noch überlegen, der ja auch Zoologie und Geographie beherrschte. Nach ihm aber hat keiner seine Vielseitigkeit wieder erreicht. Und dabei bedeutete diese keine Zersplitterung seiner Kräfte; vielmehr empfinden wir alle seine mannigfaltigen Leistungen als zusammengehalten durch die Einheit einer überragenden, abgeklärten Persönlichkeit.

Die Neigung des Primaners HELMHOLTZ galt eigentlich der Physik. Da diese damals als brotlose Kunst galt, mußte er die Medizin „mit in den Kauf nehmen", wie er es in seiner wundervollen Selbstbiographie ausdrückt, der Tischrede, die er bei der Feier seines 70. Geburtstages hielt. Er, der sich Mathematik nebenher als Autodidakt anzueignen vermochte, hatte dies nicht zu bereuen. Im Gegenteil bezeichnete er es in derselben Rede als ein günstiges Geschick, daß er „als ein mit einigem geometrischen Verstande und mit physikalischen Kenntnissen ausgestatteter Mann unter die Mediziner geworfen wurde, wo er in der Physiologie auf jungfräulichen Boden von großer Fruchtbarkeit stieß, und daß er anderseits durch die Kenntnis der Lebensvorgänge auf Fragen und Gesichtspunkte geführt wurde, die gewöhnlich den reinen Mathematikern und Physikern fernliegen". Und so wechseln denn Zeit seines Lebens physiologische, selbst psychologische Untersuchungen ab mit solchen aus der experimentellen und mathematischen Physik. Oftmals greifen diese verschiedenen Gebiete in derselben Arbeit unauflöslich ineinander über. Dies gilt z. B. von der Erfindung des Augenspiegels, der die Netzhaut des lebenden Auges dem untersuchenden Arzte sichtbar macht. Sein mehrbändiges Handbuch der physiologischen Optik enthält gleichermaßen die Physik, die Physiologie und die Psychologie des Sehens. Und in der „Lehre von den Tonempfindungen" handelt es sich sowohl um die mathematisch-physikalische Theorie der Schwingungen von Saiten und anderen Körpern der verschiedensten Formen, als auch um die Analyse der Klänge und der Vokale, sowie um die physiologisch-psychologische Begründung der Harmonielehre; die Theorie des Cortischen Organs im menschlichen Ohr ist nur ein kleiner Teil dieser Forschungen.

Die eigentliche Physik kennt HELMHOLTZ als den Vater der Wirbelsätze, deren Ableitung aus der Hydrodynamik eine mathematische Leistung ersten Ranges darstellt, als den Mann, der den alten, aber zunächst etwas in der Luft schwebenden Begriff der chemischen Affinität quantitativ auf Thermodynamik gründete, der

die Thermodynamik der galvanischen Elemente und in der Mechanik die Theorie der zyklischen Systeme schuf, um deren Verwandtschaft mit den verschiedensten Vorgängen aus ganz anderen Gebieten nachzuweisen, — vor allem aber als den Vollender des Beweises für den Erhaltungssatz der Energie. Als HELMHOLTZ 1847 vor der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin „Über die Erhaltung der Kraft" vortrug, wußte er noch nichts von ROBERT MAYERs einschlägiger Veröffentlichung von 1843, die ja überhaupt ziemlich unbekannt geblieben war. Und so wiederholte er über die Beziehungen von Wärme und Energie im wesentlichen, was schon dieser gesagt hatte. Aber HELMHOLTZ ging weit darüber hinaus, indem er die Anwendung des Satzes für alle damals bekannten Gebiete der Physik brachte. Erst seitdem weiß man die Energie eines elektrischen oder magnetischen Feldes zu berechnen, weiß, wie sich die galvanische Stromerzeugung, die elektromagnetischen Kraftwirkungen und die elektromagnetische Induktion zum Energiesatz verhalten.

Viel hat HELMHOLTZ auch für die Einführung der FARADAY-MAXWELLschen Ideen in Deutschland getan, teils durch eigene Arbeiten, teils durch die Anregungen, die er seinen Schülern gab. Unter seiner Leitung entstand in Berlin z. B. die Untersuchung des jungen Amerikaners ROWLAND über die magnetische Wirkung elektrischer Konvektionsströme; die Entdeckung der elektrischen Wellen geht nachweislich auf die Zeit zurück, da HEINRICH HERTZ bei HELMHOLTZ arbeitete. Und zu seinem später so berühmt gewordenen Interferenzversuch machte MICHELSON den ersten Ansatz in dem jetzt noch stehenden physikalischen Institut in Berlin am Reichstagsufer.

Dies alles war Gelehrtenarbeit, wirklich zu würdigen nur von Gelehrten. Aber an jeden Gebildeten, der sich für Naturwissenschaft interessiert, wendeten sich die Vorträge und Reden von HELMHOLTZ, die, in zwei Bänden zusammengefaßt, in mehreren Auflagen erschienen. Sie enthalten Vorträge in wissenschaftlichen Vereinen, akademische Festreden, Erwiderungen beim Empfang von Medaillen und Adressen usw. Ihr Inhalt ist zumeist bestimmt, den Kontakt zwischen weiten Volkskreisen und der Wissenschaft aufrechtzuerhalten und zu vertiefen. Er selbst spricht sich in einem dieser Vorträge über die Wichtigkeit dieser Angelegenheit aus. Aber man findet auch allgemeine Fragen der wissenschaftlichen Kultur darin behandelt, so in den Reden über die Freiheit an den deutschen Universitäten und das Verhältnis der Naturwissenschaften zu den Geisteswissenschaften. Der Form nach sind alle diese Vorträge von einer Vollendung, daß man sie den Meisterwerken der deutschen Literatur an die Seite setzen darf.

Blicken wir heute auf das 19. Jahrhundert zurück, so erscheint uns HELMHOLTZ unter den deutschen Naturforschern etwa wie Goethe unter den deutschen Dichtern. Es ist schwerlich ein Zufall, daß HELMHOLTZ sich in seinen Vorträgen mehrmals mit Goethes naturwissenschaftlichen Leistungen befaßt und so oft Goethesche Verse zitiert; er fühlte wohl trotz des Unterschiedes zwischen einem Künstler und einem Gelehrten eine Geistesverwandtschaft mit ihm. Und in der Tat: Wir bestaunen bei beiden die Universalität des Geistes; beide sind uns Verkörperungen *einer* Klassizität. Wer aber der größte deutsche Dichter sei, diese Frage hat Goethe bekanntlich abgelehnt.

Karboden und Zungenbecken.

Von KARL GRIPP, Kiel.

Allen Gebirgswanderern sind die Karseen bekannt. Schauen wir im Schrifttum nach, wie sie entstanden sein mögen, so finden wir (MAULL 1938, S. 317), daß das fließende Eis den Karboden zu einer Rundhöckerflur gestaltet und diesem dabei nicht selten ein rückläufiges Gefälle gegeben hat. Somit wird der Karboden gegen außen von einer Karschwelle oder einem Karriegel begrenzt, der zuweilen eine Endmoräne trägt. MAULL fährt fort: „Diese Rücktiefung ... auf beschränktem Raum stellt — genau so wie im glacialen Trog — auch heute noch eine recht verschieden beantwortete Frage dar."

Wir stimmen MAULL zu, wenn er die Eintiefung des Karbodens mit der Eintiefung der Gletscher in Beziehung setzt. Allerdings erscheint nicht so sehr deren allgemeiner Tiefenschurf zum Vergleich herauszufordern als jener Abschnitt des Troges, der als Zungenbecken bezeichnet wird. Beiden, dem Karboden und dem Zungenbecken, ist eigen, daß sie, obwohl sie in einiger Entfernung vom Eisrand liegen, die tiefsten vom Gletscher ausgefurchten Teile des Gletscherbettes umschließen, daß also von ihnen aus das Eis gegen den Rand hin bergan geflossen ist. Weiterhin sind beide häufig so tief in das Gelände eingefurcht, daß sie von Seen erfüllt bzw. erfüllt gewesen sind.

C. TROLL (1924) hat ferner bei seiner Untersuchung über die diluviale Vorlandvergletscherung des Inngebietes eine Unterteilung des Begriffes Zungenbecken in Stammbecken und Zweigbecken aufgezeigt. Ähnliches gilt für Norddeutschland, wo sich z. B. das Zungenbecken

der Eckernförder Bucht in das Becken des Windebyer Noors und das der Goos-See-Niederung zweiteilt.

Zungenbecken sind also eine verbreitete und wichtige glacialmorphologische Erscheinung. Um so berechtigter ist die Frage nach ihrer Entstehung. Nehmen wir die neueste Gletscherkunde zur Hand (V. DRYGALSKI und MACHATSCHEK 1942), so finden wir dort den Begriff Zungenbecken überraschenderweise überhaupt nicht[1]). Ebensowenig wird die rückläufige Eintiefung des Karbodens erörtert, obschon eine Eintiefung des

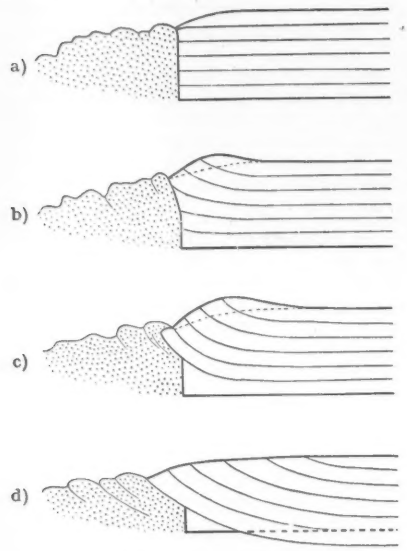


Fig. 1a—d. Schema der Aufwärtsbiegung der Eislagen an einem Widerlager als Folge glaciostatischen Aufstiegs.

Gletscherbodens und der damit verbundene Anstieg zum Eisrand hin in Fig. 15 von V. DRYGALSKI zutreffend eingezeichnet ist. Dieser Anstieg wird auf S. 127 auf den Stau zurückgeführt, den der Schutt im Eise auf dessen Bewegung ausübt. Die gleiche Anschauung vertrat schon früher H. HESS. Da aber auch in schuttarmen, dem Fels aufliegenden kleinen Gehängegletschern häufig ein Anstieg der Eislagen aus der Tiefe zur Oberfläche hin zu beobachten ist, dürfte der Schutt kaum die Ursache des Anstieges sein.

Zur Frage der Entstehung dieser dem Eisrande nahen, verstärkten Eintiefung sind weiterhin Versuche einer Deutung durch vorglaciale Formen, örtliche Härteunterschiede im Gestein, tektonische Beinflussung, Rückstau von Eis durch Eis als unzureichend anzusehen, da sie für die in lockeren Gesteinen auftretende Eintiefung von Zungenbecken nicht in Betracht kommen.

Eine weitere Deutung gab MACHATSCHEK (1939, S. 109). Er schreibt: „Die Randseen (der Zungenbecken) liegen nicht an den Stellen besonders gesteigerter glacialer Erosion, sondern dort, wo sich die Übertiefung der Täler mit der abnehmenden Mächtigkeit des Gletschers allmählich austönt, so daß die Gletschersohle ein widersinniges Gefälle erhielt." Dies ist eine zutreffende Ortsangabe, aber als Begründung für die Bildung des Zungenbeckens dürfte die Abnahme des Vertikaldruckes infolge der Minderung der Mächtigkeit des Eisrandes nicht ausreichen. Es kommt ein anderer, wichtiger Faktor hinzu, wie unten an einem einfachen Beispiel gezeigt werden soll.

Ein Gletscher wird von einer gegen den Luftraum grenzenden Oberfläche und einer dem unterlagernden Gestein aufliegenden Unterfläche begrenzt. Beide Flächen sind im Querschnitt gewölbt, die Unterfläche stärker als die Oberfläche. Diese ist in ihrem oberen Teil in manchen Fällen schüsselartig eingesenkt, im unteren aufgewölbt. Die Oberfläche wird durch die Schneegrenze oder Firnlinie zweigeteilt. Diese Firnlinie trennt

in klimatologischer Hinsicht das oberhalb gelegene Nährgebiet vom Zehrgebiet,
in morphologischer Hinsicht das oberhalb gelegene Firnfeld von der Gletscherzunge,
in glaciologischer Hinsicht das oberhalb gelegene Belastungsgebiet vom Entlastungsbereich.

In der Belastung oben und der Entlastung unten liegt das Fließen des Eises begründet[2]). Wie das Fließen des Eises aber physikalisch erklärt werden kann, ist heute noch umstritten. Translatorische Verschiebungen und Umlagerung durch Druckschmelze an und in den einzelnen Eiskörnern, also die Summe vieler Kleinstbewegungen einerseits, Block- oder Blattverschiebungen auf Scherflächen anderseits, ermöglichen ein Fließen infolge der Anziehungskraft der Erde. Dabei erzeugt die Belastung Schubkräfte, die örtliches Ausweichen ermöglichen.

Für die vorliegende Betrachtung wollen wir uns den Gletscher zerlegt denken in eine Anzahl gebogener Scheiben, deren Ober- und Unterseite bekannten benachbarten Stromlinien folgen. In jeder dieser Scheiben findet oben Zuwachs und damit Belastung durch Anhäufen von Schnee und Firn und unten Entlastung durch Tauen statt. Anhäufung oben und Massenentzug unten bedingen, wie erwähnt, die Bewegung des Eises.

[1]) Auch in der umfangreichen Erörterung der glacialen Erosion in den Verhandlungen des Internationalen Geographentages zu Amsterdam 1938 fand ich keinen Hinweis zu der hier angeschnittenen Frage. Nur LUCERNA (2. Bd., II a, S. 53) stellt nach Beobachtungen fest: „... auch die gegenwärtigen Gletscherzungen sind Beckengestalter."

[2]) Beim Inlandeis und Kappenvereisungen ist statt oben „in der Mitte" und statt unten „am Rande" anschaulicher.

Fig. 2. Abfluß des Inlandeises bei Ujaragssuit Godhaab-Distrikt Grönland aus 600 m Höhe gesehen. Die Eisstirn hat die Schmelzwasserablagerungen in der linken, nördlichen Hälfte zu einer Endmoräne aus 8—9 Stauchwällen zusammengeschoben. Es ist die erste aus Grönland bisher bekannt gewordene Stauch-Endmoräne. (Phot. GRIPP, 1930.)

Fig. 3. Der Ujaragssuit-Abfluß des Inlandeises mit der Stauch-Endmoräne davor vom Sandur aus gesehen. In der linken Hälfte liegen zwischen Stauch-Endmoräne und freiem Eis Schmelzwasserablagerungen hoch auf dem Rande des Eises. Unter den gerollten Geschieben im Vordergrund zahlreiche fossilführende Mergelknollen aus vom Eise emporgeschlepptem Eismeerton. (Phot. GRIPP, 1930.)

Das Tauen geschieht in Gebieten mit kühlem Klima zur Hauptsache dort, wo die Eislage an die freie Luft grenzt, also am unteren Querende der von uns zur Betrachtung herausgegriffenen Eislage. v. DRYGALSKI (1942, S. 48 u. 127) rechnet für Gletscher, die in wärmerem Klima abschmelzen, mit einem erheblichen Tauen im Innern und am Grunde des Eises. Das damit verbundene Schwinden einzelner Eislagen bleibt für unsere Betrachtung ohne Belang, da diese nur die in der Randzone tatsächlich vorhandenen Eislagen betrifft.

Stellen wir uns einmal vor, eine Eiszunge dringe infolge starker Eiszufuhr in ein Gebiet mit Lockerboden ein. Weiterhin sei angenommen, dies geschähe mit nahezu steiler Stirn, wie es bei Vorstößen in der Arktis mehrfach beobachtet ist (Fig. 1a). In diesem Falle werden die tieferen Eislagen gegen fluvioglacialen gestauchten Schutt enden und deswegen die Oberfläche = Luftgrenzfläche nicht erreichen (Fig. 1b). Da nunmehr für die tieferen Eislagen das Abtauen an der Luft wegfiele, würden diese Eislagen nicht mehr genügend entlastet werden. Sie würden vielmehr anschwellen (Fig. 1b und c), und zwar so lange, wie der Überdruck durch die Belastung anhielte. Käme es so weit, daß dieser Überdruck durch Stau ausgeglichen würde, so würde das Fließen aufhören und die Eislagen bewegungslos, also zu Toteis werden. Lagen toten Eises aber sind in einem aktiven Gletscher, d. h. neben bewegtem, zur Luftgrenzfläche hin freiem Eis nicht möglich. Ein dauerndes Ausscheiden aus der Bewegung wird schon dadurch verhindert, daß der Stau in einer an der Entlastung behinderten Eislage ein Anheben des überlagernden Eises nach sich ziehen würde. Dieses Anheben aber bedingte örtlich erhöhte Belastung, also ebensolche Pressung. Da ein Ausweichen aber nicht aufwärts zum Firngebiet hin, sondern nur zur näher gelegenen Entlastungsfläche hin stattfinden kann, würde das den Austritt zur freien Entlastungsfläche hin sperrende Hindernis so lange beiseitegeschoben werden, bis die zuvor abgesperrte Lage an der Luftgrenzfläche durch Abtauen wieder volle Entlastung fände (Fig. 1d). Das sperrende Hindernis sind aber einmal die oberen, den freien Austritt zur Luftgrenzfläche versperrenden Eislagen, zum anderen das der Stirn vorgelagerte Erdreich. Beide werden angehoben bzw. beiseitegeschoben werden (Fig. 1d), und zwar so lange, bis wieder sämtliche Eislagen an der Luftgrenzfläche volle Entlastung finden. Fig. 2—4 veranschaulichen den Vorgang an einem Beispiel vom Rande des grönländischen Inlandeises.

Fig. 4. Die von dem aus der Tiefe aufsteigenden Eis emporgehobenen Schmelzwasserablagerungen aus der Nähe gesehen. In der Mitte der gehobenen kiesigen Sande schaut noch Eis aus denselben hervor. (Phot. GRIPP, 1930.)

Es zeigt sich somit als glaciostatische Gesetzmäßigkeit: Eislagen an der Stirn eines fließenden Gletschers, die an der Entlastung durch das Tauen an der freien Oberfläche behindert sind, brechen infolge des durch Stau sich örtlich verstärkenden Druckes nach oben zur entlastenden Oberfläche durch. Die Bewegung verläuft hier teilweise aufwärts gerichtet[3]).

[3]) Die von v. DRYGALSKI 1942, S. 121, erwähnte Bewegung des Eises zu den Seitenrändern des

Dieser glaciostatische Aufstieg zur entlastenden Oberfläche hin wird je nach den örtlichen Umständen schwächer oder steiler geneigt vor sich gehen. Ein auffallend steiler Anstieg der tiefsten Eislagen, wie er z. B. am Venern-Gletscher in Spitzbergen angetroffen wurde, dürfte hiermit seine Erklärung finden. Auch das in Spitzbergen und Grönland beobachtete überraschende Vorkommen von Eismeerton und dessen Fossilien vor hochgelegenem Eisrand und oben auf dem Rand des Eises selber, findet nunmehr eine Erklärung. Durch Stauchung vom Grunde des Fjordes angehobene Meeresablagerungen können offenbar beim glaciostatischen Eisaufstieg durch die sie ursprünglich überdeckenden Schmelzwasserablagerungen hindurch bis an die Oberfläche mit emporgeschleppt werden.

Diese Gesetzmäßigkeit gilt selbstredend auch für fließendes Eis, das auf felsiger Unterlage abwärts gleitet. Bei einem Abtauen auf gleichmäßig geneigter Unterlage wird die Lagerung in der Eiszunge ungestört sein, wie in Fig. 5 schematisch angegeben ist.

Sobald aber die Unterlage ein geringeres Gefälle annimmt, kann das Eis nicht die Lagerung ruhenden Sediments, wie in Fig. 6 angegeben, beibehalten, sondern die tieferen Eislagen werden sich zur freien Oberfläche hindurchdrängen (Fig. 7).

In beiden Fällen, bei lockerem wie bei felsigem Untergrund, besteht bis zu dem Orte, an dem die Aufwärtsbewegung einsetzt, der volle Vertikaldruck und damit volle Erosion. Wo aber die tieferen Eislagen zu glaciostatischem Aufstieg gezwungen sind, steigt die Erosionsbasis schon an sich relativ schräg nach oben an. Hinzu kommt dann die von MACHATSCHEK erwähnte Abnahme des Vertikaldruckes, der Mächtigkeitsabnahme des Eises entsprechend. Je länger also die Eiszunge die betreffende Lage beibehält, um so tiefer wird die erosive Ausräumung reichen und um so steiler wird der Anstieg zur vorgelagerten Schwelle werden (Fig. 8). Die Entstehung von Zungenbecken und übertieften Karböden geht also zur Hauptsache auf glaciostatischen Anstieg des Eises an einem Widerlager zurück.

Es ergibt sich somit: Eine glaciale Erosion kann nur stattfinden, solange das Eis sich bewegt, die Bewegung des Eises dauert aber nur so lange an, wie die Entlastung durch Abtauen in der Gletscherzunge vor sich geht. Somit ist die erste Ursache zu Eintiefung von Zungenbecken und Karboden der glaciostatisch bedingte Aufstieg am Abtauen behinderter tieferer Eislagen. Als zweite Ursache kommt die von MACHATSCHEK herangezogene Abnahme der Erosion infolge Verringerung des Vertikaldruckes hinzu. Die Lage von Zungenbecken und die Eintiefung von Karböden ist bedingt durch Widerlager, die das Abtauen der tieferen Eislagen vor-

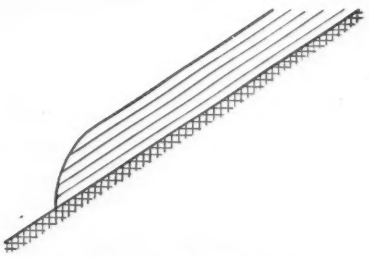


Fig. 5. Schema der Lagerung des Eises auf einer gleichmäßig einfallenden Felsfläche.

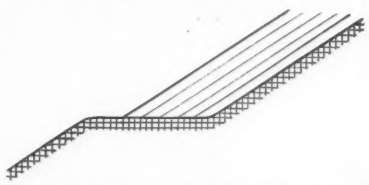


Fig. 6. Anlagerung an ein Widerlager, wie sie bei einem ruhenden Sediment, aber nicht bei fließendem Eis auftreten kann.

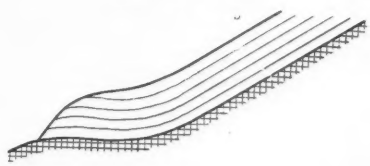


Fig. 7. Schema des Verhaltens fließenden Eises einem felsigen Widerlager gegenüber.

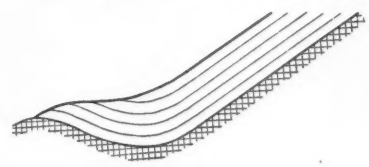


Fig. 8. Bei gleichen Grundbedingungen wie in Fig. 7 hat sich das fließende Eis allmählich eingetieft und damit die Hohlform für den späteren Karsee geschaffen.

übergehend behinderten. Beim Karboden und Zungenbecken in Fels bedingen die Härte des Gesteins und die mit abnehmender Mächtigkeit des Eises im ansteigenden Randteil der Eiszunge sich verringernde Pressung auf den Untergrund das Ausmaß der Eintiefung bzw. die Höhe der

Gletschers hin (abwärts gerichtet in der Mitte, aufwärts an den Seiten) könnte gleichfalls auf die durch das Tauen entstehende Entlastung der tieferen, am Gletscherrande infolge Aufbiegung an der Luftgrenze ausstreichenden Eislagen zurückgehen.

Karschwelle. Bei Zungenbecken in gefrorenem oder ungefrorenem Untergrund regelt die Höhe des vorgelagerten Schuttes, die sich zunächst aus dem primärem Einsinken des vorstoßenden Eises und daraus folgend der Höhe der vorgelagerten Stauchmoräne ergibt, das Ausmaß des randlichen Aufstiegs und damit die Entfernung des tiefsten Punktes des Zungenbeckens vom Eisrand.

Literatur.

E. v. DRYGALSKI u. F. MACHATSCHEK, Gletscherkunde, in Enzyklopädie der Erdkunde, Wien 1942. — F. MACHATSCHEK, Geomorphologie, 2. Aufl., 1934. — O. MAULL, Geomorphologie, in Enzyklopädie der Erdkunde, Wien 1938. — C. TROLL, Der diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher. Forschungen z. deutschen Landes- u. Volkskunde 23 (1924).

Eine bemerkenswerte Blitzaufnahme.[1])

Von O. MERHAUT, Wien.

Die Beobachtungen von Kugelblitzen sind ziemlich spärlich und ihre photographische Aufnahme gehört zu den allergrößten Seltenheiten. Durch Zufall ist mir während meines Sommerurlaubes eine Aufnahme, die sehr wahrscheinlich einen Kugelblitz darstellt, gelungen.

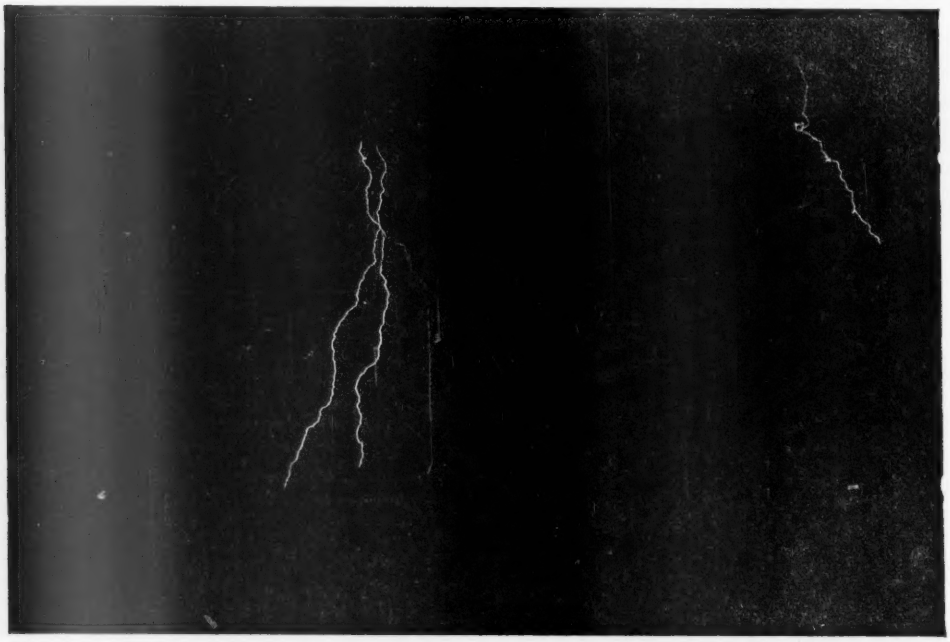


Fig. 1. Blitzaufnahme mit zwei Linienblitzen und einem wahrscheinlichen Kugelblitz. Die genauen Einzelheiten sind auf den Originalphotos natürlich viel besser sichtbar als im Druck (Handaufnahme, Belichtungszeit etwa 12 sec).

Am frühen Abend des 30. August 1942 näherte sich aus südwestlicher Richtung ein sehr heftiges Wärmegewitter mit böigem Wind und starkem Regen, bei dem sich die Blitzfolge so stark steigerte, daß öfters in einer Sekunde mehrere Schläge auftraten. Die Großartigkeit der Naturerscheinung veranlaßte mich, meinen Photoapparat (Ihagee 1 : 4,5, $f = 10{,}5$ cm, Isochrom Filmpack 18/10° Din) zu holen und vom Balkon des Hauses Alpensee in Thumersbach am Zeller See eine Handaufnahme zu machen.

Durch den Rahmensucher blickend, suchte ich zuerst ein günstiges Bildfeld und öffnete dann etwa 10—15 Sekunden den Verschluß. Ich bemühte mich, den Apparat so ruhig wie möglich zu halten, und schon nach wenigen Sekunden traten praktisch fast gleichzeitig (Reihenfolge vielleicht von rechts nach links) die in Fig. 1 sichtbaren 3 Entladungen auf. Der mittlere Linienblitz

[1]) Aus dem I. Physikalischen Institut der Universität Wien.

machte wegen der Verästelungen und seiner Helligkeit den stärksten Eindruck auf mich; doch plötzlich sah ich links seitlich ein noch helleres, blendend weißes Leuchten, das einige Zeit (etwas über 1 Sekunde) anhielt. Ich hatte den Eindruck, daß es sich von oben rückwärts nach unten vorne bewegte und vor dem Verlöschen in seiner Ausdehnung erweiterte und zerplatzte. Wegen der zahlreichen Entladungen und des vielfachen Echos durch die Berge konnte ich im allgemeinen Donnergrollen keinen besonderen, dem „Kugelblitz" zuzuordnenden Lärm feststellen. Fig. 2 zeigt in 11facher Vergrößerung den in Frage kommenden Ausschnitt der Aufnahme, die wegen ungeeigneter Entwicklung leider sehr grobkörnig ausgefallen ist.

Da durch den Aufnahmesektor mehrere Hochspannungsleitungen der DR. führen, schrieb ich an die betreffenden Betriebsleitungen, die aber keine Störungen zur fraglichen Zeit verzeichneten. Ein später an die Betriebsleitung der SAFE in Bruck an der Glocknerstraße gerichtetes Schreiben kam mit wertvoller Antwort zurück, da die Erscheinung auch hier beobachtet worden war. Die Beobachtungsrichtung ist gegen meine um etwa 60^0 geneigt, und die Entfernung vom Ort des „Kugelblitzes" beträgt etwa $2^1/_2$ km. Der Bericht der Betriebsleitung der SAFE lautet:

(Karte vom 17. III. 1943.) „In unseren Aufschreibungen haben wir vermerkt, daß am 30. VIII. 1942 um 20 Uhr 20 Min. die 15 kV-Leitung Bruck—Ob.-Pinzgau durch Blitzschlag gestört wurde und ein zweites Mal um 20 Uhr 35 Min. Der Blitz schlug in die Leitung, und zwar konnten wir den von Ihnen angenommenen Kugelblitz selbst beobachten und glaubten zuerst, daß unsere Transformatorenstation brennt; er erlosch jedoch bald, und wir konnten kurz darauf wieder die Leitung unter Spannung setzen (kein Schaden, nur Stromunterbrechung durch Ausfall des Ölschalters)."

(Brief vom 23. III. 1943.) „Das Feuer, das wir von unserem Betriebsgebäude in Bruck beobachteten, war kein ausgesprochener Kugelblitz, sondern es sah mehr aus, als ob die Transformatorenstation in Flammen stünde. Der Vorgang dauerte etwa 5 Sekunden, die Farbe war weiß, die Höhe etwa 9 m über dem Boden (Masthöhe). Vor der Station ist eine Straßen- und Telephonkreuzung, deren Konstruktionen geerdet sind, so daß die aufgetretene Erscheinung auch an dieser Stelle, 200 m näher gegen Bruck, möglich war."

Die Beobachtung der Leuchterscheinung aus zwei ganz verschiedenen Richtungen erlaubt eine genaue Ortsangabe. Aus der Gegenstands- und Bildweite (5000 m und 0,105 m) und der Bildgröße errechnet sich der Durchmesser der Lichterscheinung zu etwa 10 m.

Die große Ähnlichkeit der beobachteten Erscheinung und Aufnahme mit der von JENSEN (1), der einen Kugelblitz in nur 600 m Entfernung photographieren konnte, eine strahlige Struktur, Durchmesser von 8,5 bis 12,8 m, sowie 28 m Höhe über dem Boden fand, bestärkt die Wahrscheinlichkeit, daß diese Aufnahme einen Kugelblitz darstellt, wenn auch aus den Beobachtungen nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, ob die Leuchterscheinung auf einem Mast aufsaß oder frei durch den Raum lief. Mit einzelnen Beschreibungen und Aufnahmen in der Arbeit von HOLZER und WORKMAN (2) findet sich einige Ähnlichkeit.

Fig. 2. Teilvergrößerung des „Kugelblitzes".

Auch die 2 Linienblitze der Fig. 1 sind bemerkenswert. Der ganz verschiedene Grad ihrer Verästelung deutet darauf hin, daß unmittelbar nebeneinander Entladungen entgegengesetzten Vorzeichens (rechts: Wolke +, Erde —, links: Wolke —, Erde +) stattfanden (3). Bei der raschen Aufeinanderfolge der Blitze muß wohl eine verschiedene Ladungsverteilung in den betreffenden Wolkengebieten vorgelegen haben.

Herrn Prof. Dr. F. WOLF und Herrn Prof. Dr. G. STETTER danke ich für wertvolle Hinweise, den Herren der Betriebsleitung der SAFE in Bruck und der DR. in Zell am See, Saalfelden, Enzingerboden für freundliche Auskünfte.

Literatur.

1. J. C. JENSEN, Physics 4, 372 (1933). — 2. R. E. HOLZER, E WORKMAN, Physics 10, 659 (1939). — 3. F. WOLF, Naturwiss. 31, 73 (1943).

Periodische Änderungen des elektrischen Widerstandes von Wasser bei sukzessiver Durchlüftung.

Von FERDINAND KIRCHNER, Greifswald.

Bei den von E. HEINTZ in dieser Zeitschrift (1941, 713) mitgeteilten Messungen an hochverdünnten Lösungen war eines der charakteristischen Momente das Auftreten einer hin- und hergehenden Wirkungskurve bei einsinnig fortschreitender Verdünnung. Jene Erscheinungen haben sich bei der Nachprüfung nicht reproduzieren lassen, und der Verfasser selbst hat seine Behauptungen zurückgenommen (Naturwiss. 1942, 642). Es lag nahe, nach möglichen Fehlerquellen zu suchen. Eine solche konnte u. a. in der beim Schütteln auftretenden Durchlüftung, der innigen Berührung der Flüssigkeit mit Luft, gelegen haben. Ich habe daher das Verhalten von reinem Wasser bei dauernder Durchlüftung untersucht. Ich habe mich dabei auf Widerstandsmessungen beschränkt. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist insofern von Interesse, als in der Tat bei fortgesetzt in gleicher Weise wiederholter Durchlüftung die Leitfähigkeitskurve Zickzackform annimmt. Es soll nun nicht behauptet werden, daß damit die maßgebende Irrtumsquelle aufgedeckt sei; dieser Befund allein genügt nicht, um alle Eigenschaften von HEINTZ' Kurven zu erklären. Die Beobachtung ist aber vielleicht auch außerhalb dieses Zusammenhanges der Mitteilung wert.

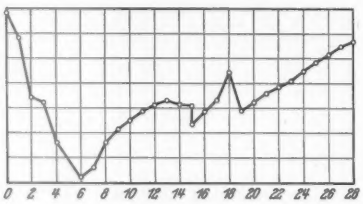


Fig. 1. n = Zahl der Durchlüftungen. Jede Durchlüftung 212,5 ccm. Ordinaten sind die Widerstände.

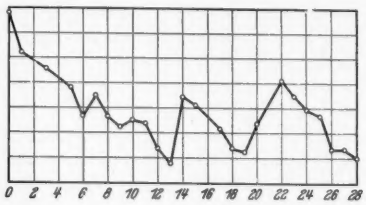


Fig. 2. Wie Fig. 1, nur bei jeder Durchlüftung 425 ccm.

Die Apparatur.

Vom Glasbläser ließ ich mir ein Gefäß aus Jenaer Hartglas herstellen, das 4,6 cm lichten Durchmesser und 21 cm Höhe hatte. Es wurde durch einen vierfach durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch die erste Bohrung ging ein Hartglasrohr, das bis auf den Boden des Gefäßes reichte und unten in eine Kapillare ausgezogen war. Durch dieses Rohr sollte die Luft eintreten. Bohrung Nr. 2 enthielt ein Rohr, das nur bis zur Unterseite des Stopfens ging. Dieses wurde mit der Luftpumpe verbunden. Die dritte Bohrung enthielt ein Glasrohr, das am unteren Ende in einen Quetschfuß endete, der die 1 qcm großen Platinelektroden trug. Die Elektroden wurden durch ein dünnes angeschmolzenes Glasstäbchen in der festen Entfernung von 8 mm erhalten. Die Zuleitungen waren im Innern des Glasrohres angebracht. Die vierte Bohrung enthielt ein Thermometer. Bei dem hohen Temperaturkoeffizienten des Widerstandes war eine dauernde Kontrolle der Temperatur notwendig.

Als Luftpumpe wählte ich eine solche mit Handbetrieb. Ich hatte auf diese Weise die Möglichkeit, die durchgeblasene Luft genau zu dosieren. Eine Kalibrierung der Pumpe ergab, daß mit jedem Pumpenzuge 42 ccm Luft bewegt wurden.

Die Luft wurde der Atmosphäre des Zimmers entnommen, wurde aber, um einigermaßen reproduzierbare Verhältnisse zu haben, vor dem Eintritt in das Meßgerät gereinigt. Sie ging erst durch ein 5 cm dickes Filter von Verbandwatte und wurde dann durch eine 50 cm hohe Schicht von KOH, darauf durch H_2SO_4 und schließlich durch destilliertes Wasser gewaschen. Erst dann trat sie in das Meßgefäß ein.

Der Widerstand wurde mit Induktorium und Telephon gemessen. Als Brücke diente eine Walzenbrücke, als Vergleichswiderstand ein Stöpselrheostat.

Die Messungsergebnisse.

Das Meßgerät wurde bis nicht ganz zur Hälfte mit frisch ausgekochtem und wieder auf Zimmertemperatur abgekühltem destilliertem Wasser gefüllt. Darauf wurde zunächst der Widerstand bestimmt. Der Vergleichswiderstand wurde so eingestellt, daß das Minimum möglichst in der Mitte des Brückendrahtes lag. Der Widerstand war übrigens von der Größenordnung 10^4. Darauf saugte ich mit der Pumpe langsam die Luft ab, die sich dann, durch das lange Glasrohr in Blasen aufsteigend, wieder ersetzte. Es wurden so viele Pumpenzüge gemacht, als nötig waren, um eine merkliche Verschiebung des übrigens recht scharfen Minimums hervorzurufen. Es zeigte sich, daß dies nach 5 Pumpenzügen der Fall war. Es wurden also jedesmal 5 Pumpenzüge möglichst langsam gemacht, also 212,5 ccm Luft durch das Wasser geblasen. Darauf wurde das Minimum mehrmals eingestellt. So wurden 28 Durchlüftungen vorgenommen. Eine Schwierigkeit machte sich aber bald bemerkbar. In der Stunde konnten so nur 6 bis 8 Meßpunkte bestimmt werden. Nach 2 Stunden machte sich aber eine derartige Ermüdung des Ohres bemerkbar, daß die Einstellung des Minimums unsicher wurde. Es mußte daher die Arbeit durch eine längere Ruhepause unterbrochen werden. So kam es, daß die Beobachtungsreihen sich meist über 2 Tage erstreckten. Die gewonnenen Ergebnisse wurden dann auf die gleiche Temperatur umgerechnet und in ein Koordinatensystem eingetragen.

Als Abszissen sind die Durchlüftungen, als Ordinaten die Widerstände eingetragen. Das Ergebnis zeigt Fig. 1. Der Widerstand sinkt also zunächst ziemlich

gleichmäßig ab. Nach 6 Durchlüftungen hat er ein Minimum erreicht und steigt nun wieder an, um nach einem kleinen Maximum bei 18 Durchlüftungen weiter anzusteigen bis zu 28. Durchlüftung. Wenn die Annahme, daß die Menge der durchgeblasenen Luft für die Änderung des Widerstandes verantwortlich gemacht werden muß, richtig ist, muß sich diese Kurve in ihren wesentlichen Teilen auf 14 Durchlüftungen zusammendrängen lassen, wenn man bei jeder Durchlüftung die doppelte Luftmenge durchbläst. Es wurde deshalb für jede Durchlüftung die doppelte Dosis, d. h. 425 ccm gewählt. Das Ergebnis sehen wir in Fig. 2. Wiederum fällt der Widerstand zunächst ab, zeigt ein kleines Nebenmaximum bei $n = 7$ und ein erstes Minimum bei $n = 13$. Darauf steigt er wieder bis $n = 14$, erreicht ein zweites Minimum bei $n = 19$, ein zweites Maximum bei $n = 22$, um dann gleichmäßig abzufallen. Die beiden Hauptminima haben also einen Abstand von 6, die beiden Hauptmaxima einen solchen von 8 Durchlüftungen. Die Periode beträgt also im Mittel 7,5. Andere Versuchsreihen zeigen dasselbe Bild, die Abstände der Minima sind 6 und 5, die der Maxima 5, 7 und 4. Daraus berechnet sich die Periode im Mittel zu 5,4 Durchlüftungen.

Um auch ein anderes „Lösungsmittel" zu untersuchen, wurde eine Versuchsreihe mit Alkohol (96%) durchgeführt. Es zeigte sich auch hier zunächst eine Abnahme, dann ein periodisches Auf und Ab des Widerstandes. Es wurde jedoch nur eine Versuchsreihe durchgeführt, weil sich durch die starke Verdunstung des Alkohols verschiedene Schwierigkeiten herausstellten. Einmal wurde die Luft des Zimmers sehr bald in unangenehmer Weise mit Alkoholdämpfen geschwängert, zweitens kühlte sich die Flüssigkeit in dem Versuchsgefäß im Laufe der Messungen um mehrere Grade ab.

Erklärung der Erscheinung.

Bei dem Durchtritt der Luft durch das Wasser wird ein Teil von ihr vom Wasser aufgenommen, und zwar zum Teil als echte Lösung, zum Teil kolloidal dispers. Durch die gelöste Luft wird der Widerstand bestimmt herabgesetzt, von dem kolloidalen Teil konnte dies von vornherein nicht vorausgesagt werden. Der Versuch zeigt aber, daß auch diese winzigen Bläschen die Leitfähigkeit erhöhen. Bei den sukzessiven Durchlüftungen wird nun eine dauernde Anreicherung des Luftgehaltes erzeugt. Bei einem gewissen Maximum aber werden sich die Luftteilchen im Wasser zu größeren Bläschen vereinigen und dann von den durchperlenden makroskopischen Luftblasen mitgerissen werden. Es tritt also eine Entgasung des Wassers ein, und es kann eine neue Anreicherung stattfinden. Dieser Vorgang kann sich beliebig oft wiederholen. Der Eintritt des Maximums und der Entgasung hängt außer von der jeweils durchgeblasenen Luftmenge auch von der Geschwindigkeit, mit der die Luft durch das Wasser getrieben wird, ab. Auch die Temperatur dürfte nicht ohne Einfluß sein. Da es nun nicht möglich ist, mit der Hand einen gleichmäßig langsamen Luftstrom zu erzeugen, kann man keine genaue Übereinstimmung der Minima und Maxima des Widerstandes bei den verschiedenen Versuchsreihen erwarten.

Die oben beschriebenen Messungen wurden im Jahre 1942 im Physikalischen Institut der Universität Greifswald ausgeführt.

Kurze Originalmitteilungen.

Bildung der Oxy-chalkone und Oxy-flavanone bei Gegenwart von Aminosäuren.

Die bisherigen Untersuchungen[1]) haben ergeben, daß der pflanzliche Organismus den Aufbau der Oxy-chalkone und Oxy-flavanone am wahrscheinlichsten in der Weise bewerkstelligt, daß Glykoside der Oxy-acetophenone mit Glykosiden der Oxybenzaldehyde oder entprechende Methoxyderivate kondensiert werden. Die Modellversuche kamen in verdünnten wässerigen Anätzen (m/70) bei p_H 7,5 bis 8,5 und 25° zur Durchführung. Um unter diesen Bedingungen die Kondensationsvorgänge zu beschleunigen, wurde nach geeigneten Kondensationsmitteln bzw. Katalysatoren gesucht. Es zeigte sich, daß Aminosäuren die gewünchte Wirkung ausüben. Einige Beispiele: [2′, 4′-Dioxy-3, 4-methylendioxychalkon]-β-d-glucosid-(4′) aus Resacetophenon-β-d-glucosid (m/70) + Piperonal (m/70) bei p_H 7,5, 20 Tage, ohne Aminosäuren Ausb. 9,5%; mit m/35-Sarkosin 10,8%; m/35-Glutaminsäure 18,4%; m/35-Alanin 25,0%; m/35-Arginin 25,6%; m/35-Glykokoll 31,1%; m/35-Glycylglycin 33,8%; m/35-Lysin 41,8%; m/35-Leucyl-glycylglycin 1,7%; bei p_H 7,9, 19 Tage, ohne Aminosäure 13,4%; mit Glykokoll m/140 28,6%; m/70 31,9%; m/35 49,6%. Während das Di-peptid Glycyl-glycin noch sehr gute Wirkung ausübt, ist beim Tri-peptid Leucyl-glycyl-glycin eine starke Hemmung zu verzeichnen. [7,3′-Dioxy-4′-methoxy-flavanon]-β-d-diglucosid-(7,3′) aus Resacetophenon-β-d-glucosid + Isovanillin-β-d-glucosid bei p_H 7,8, 20 Tage, ohne Aminosäure Ausb. 16,8%; mit m/35-Glykokoll 31,9%.

[2′, 4′-Dioxy-4-methoxy-chalkon]-β-d-glucosid-(4′) aus Resacetophenon-β-d-glucosid + Anisaldehyd bei p_H 7,5, 20 Tage, ohne Aminosäure Ausb. 13,2%; mit m/35-Glykokoll 41,3%.

[4′-Oxy-7-methoxy-flavanon]-β-d-glucosid-(4′) aus Päonol + 4-Oxybenzaldehyd-β-d-glucosid bei p_H 7,95, 62 Tage, ohne Aminosäure Ausb. 2,8%; p_H 7,6, 19 Tage, mit m/35-Alanin 30%.

3,2′-Dioxy-4,4′-dimethoxy-chalkon aus Päonol + + Isovanillin bei p_H 7,5, 20 Tage, ohne Aminosäure Ausb. 0,0%; mit m/35-Glykokoll, 48,3%. Folgendes abgekürztes Formelschema soll den Reaktionsmechanismus veranschaulichen:

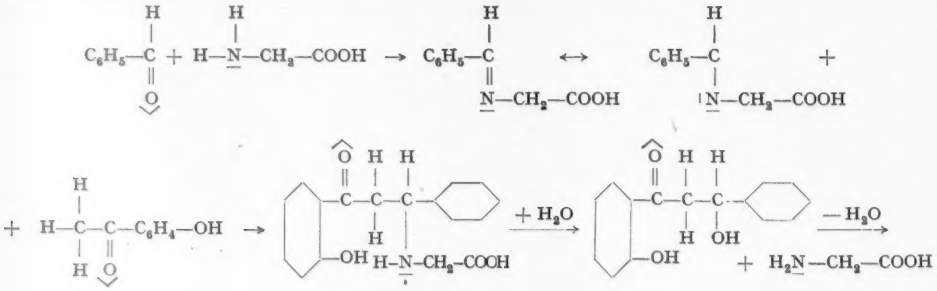
Weitere Reaktionsfolge nach 1.

Da derartige Vorgänge auch im Stoffwechselgeschehen der Pflanze eine große Rolle spielen dürften, sind weitere Versuche im Gange. Über die genaueren Untersuchungsergebnisse wird an anderer Stelle berichtet werden. Bei den Versuchen hat mir Frau H. GRÜLICH ausgezeichnete Hilfe geleistet.

Dresden, Kaiser-Wilhelm-Institut für Lederforschung, den 13. Oktober 1943. L. REICHEL.

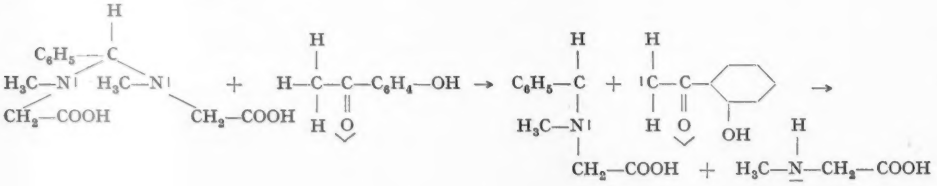
[1]) L. REICHEL u. Mitarbeiter, Chemie und Biochemie der Pflanzenstoffe. 7. Mitt. Liebigs Ann. 550, 146 (1942). — 10. Mitt. Liebigs Ann. 553, 98 (1942). — 12. Mitt. Ber. dtsch. chem. Ges. 76, 1134 (1943).

1. Primäre Aminosäuren.



a) Chalkon. b) Flavanon.

2. Sekundäre Aminosäuren.



Das Elektronenlinienspektrum des Elements 93.

Zur Aufnahme des Elektronenlinienspektrums des Elements 93 in einem der üblichen β-Spektrographen ist eine lineare Strahlenquelle von möglichst geringer Schichtdicke notwendig. Wir konnten nun aus einer salzsauren Lösung eines uns zur Verfügung stehenden Präparats des Elements 93[1]) auf einem dünnen Platindraht (0,3 mm stark) einen beträchtlichen Teil der Aktivität in dünner Schicht niederschlagen und zwei photographische Aufnahmen des Elektronenspektrums durchführen. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß bei einer Untersuchung mit einem stärkeren Präparat noch weitere Elektronenlinien festgestellt werden. Bis jetzt konnten sechs Elektronenlinien als die K- bzw. LI-Linie dreier γ-Linien von 206, 225 und 275 kV gedeutet werden. Die Ablösearbeiten der K- bzw. LI-Schalen des Elements 94 wurden durch Extrapolation ermittelt.

Tabelle 1. Elektronenlinienspektrum des Elements 93.

Nummer der Linie	Energie in kV	Intensität	Ursprung	
			Linie	Schale
1	86	mittel	γ_1	K
2	105,5	stark	γ_2	K
3	154	stark	γ_3	K
4	182	sehr schwach	γ_1	LI
5	205	schwach	γ_2	LI
6	254	schwach	γ_3	LI

Ablösearbeiten für die

K-Schale: 120 kV, LI-Schale: 22,7 kV.

Es ergeben sich somit 3 γ-Komponenten mit den Energien

γ_1: 206 kV, γ_2: 225 kV, γ_3: 275 kV.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, den 25. Januar 1944.

K. PHILIPP. J. RIEDHAMMER.

[1]) Für die Herstellung des Präparats sagen wir auch an dieser Stelle Herrn Dr. GÖTTE unseren besten Dank.

Geruch von Gesteinsfunken.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß der Schlagfunken von Feuerstein von einem Geruch nach verbranntem Horn begleitet ist. Aber diese Erscheinung tritt auch bei anderen Gesteinen auf; wir haben sie an einem Granit (aus Schrems, Niederdonau) und einem Gangquarz unbekannter Herkunft untersucht.

Ersterer lag in Form von Pflasterwürfeln, letzterer in größeren flachen Stücken vor. Beide Mineralien waren im Keller aufbewahrt worden, hatten Modergeruch angenommen und gaben beim Aneinanderschlagen artgleicher Stücke den eingangs erwähnten Geruch.

Um zu entscheiden, ob dieser nur für die Oberfläche charakteristisch ist oder dem Mineral als ganzem eignet, wurde

a) das Material so zerkleinert, daß ganz frische, von anderer Substanz unberührt gebliebene Bruchkanten bzw. Bruchflächen entstanden, bei deren Aufeinanderschlagen sicher nur Teilchen miteinander in Berührung kamen, die vorher sich im Innern des Stückes befunden hatten.

Beim Granit war unter diesen Umständen überhaupt kein Geruch zu merken, während bei Verwendung von Teilen der früheren Oberfläche, die sich an dem gleichen Stück befanden, der Geruch auftrat.

Beim Quarz war der Geruch nur manchmal und dann nur in viel schwächerer Ausprägung zu merken. Dies ist mit dem Vorhandensein von Spaltrissen in Verbindung zu bringen, die sich — als Fortsetzung der äußeren Oberfläche — ins Innere erstreckten.

b) die unbearbeiteten Minerialien wurden durch kurze Zeit in Chromschwefelsäure eingelegt, mit Wasser gespült und bei mäßiger Wärme getrocknet. Beim Aneinanderschlagen war nicht die leiseste Spur eines Geruches zu bemerken.

Daraus geht unzweifelhaft hervor, daß der Geruch durch die thermische Zersetzung oberflächlich adsorbierter Stoffe zustande kommt.

Offenbar handelt es sich um die Eiweißkörper von Bodenbakterien, die bei den auftretenden Temperaturen einer trockenen Destillation bzw. einer Verbrennung unterliegen.

Wien, Institut für physikalische Chemie an der Technischen Hochschule, Röntgenabteilung, und Institut für Mineralogie, den 3. Februar 1944.

F. Halla. A. Schmölzer.

Synthese von Chrysoberyll.

Nach den bisherigen Literaturangaben gelingt die künstliche Darstellung des Chrysoberylls nur aus Schmelzen unter Zuhilfenahme bestimmter Flußmittel. Bei einer eingehenden Untersuchung des thermischen Verhaltens stöchiometrischer Gemische von Aluminium- und Berylliumhydroxyd mit Hilfe des Emanierverfahrens gab sich tatsächlich bis 1400° keinerlei Wechselwirkung zwischen den Gemengpartnern in dem Emaniervermögen zu erkennen, wenn die Al-Komponente mit Radiothor indiziert war. Wurde dagegen das $Be(OH)_2$ in dem Gemisch als Indikatorträger benutzt, so zeigte sich bei stetiger Temperatursteigerung um 5° pro Minute von 900° ab sowohl während des Erhitzens wie auch nach dem Abschrecken auf Raumtemperatur eine beachtliche Aktivitätssteigerung. Deren Ursache offenbarte sich eindeutig, als nunmehr eine stöchiometrische Mischfällung beider Hydroxyde als Ausgangsmaterial gewählt wurde: sie wandelte sich bei durchlaufendem Tempern auf 1400° in reines Berylliumaluminat um. Chrysoberyll läßt sich also auch durch Reaktion im festen Zustand synthetisch gewinnen, wenn man dafür sorgt, daß die beiden Oxyde in hochaktiver Form aufeinandertreffen. Die auch beim Erhitzen der Mischfällung bei 900° einsetzende, zu einem starken Maximum führende Aktivitätssteigerung verrät das Auftreten aktiver instabiler Übergangsphasen vor der endgültigen Vereinigung. Wie sich röntgenographisch nachweisen ließ, beginnt im gleichen Gebiet die Reaktion auch in den Gemischen, bleibt jedoch auf die Berührungsschichten beschränkt. Die auffällig einseitige Aktivierung lediglich der zweiwertigen Reaktionskomponente im Vorreaktionsstadium beweist, daß die Reaktion vorwiegend sich auf deren Oberfläche abspielt.

Stuttgart, Labor. f. anorg. Chemie d. Techn. Hochschule, den 7. Februar 1944.

W. Schröder.

Ausscheidung von Schwermetallhalogeniden in Gläsern.

Wie in einer früheren Veröffentlichung[1]) an einigen Beispielen gezeigt wurde, bestätigt sich auch für Gläser die Regel[2]), daß Ionen von *Hauptreihenelementen* mit solchen Anionen, die *schwerer polarisierbar* sind als das Lösungsmittel, *schwerlösliche Verbindungen* geben, während die Ionen der *Nebenreihen- und Übergangselemente* dies mit *leichter* polarisierbaren Anionen tun. Im Falle wässeriger Systeme hat man dabei die Polarisierbarkeit der Anionen mit derjenigen des *Wassers* zu vergleichen, bei Gläsern mit derjenigen des *Sauerstoffions der Glasstruktur*. Da im Glas jedes O^{2-} mindestens an *ein* Si gebunden ist, so muß man voraussetzen, daß alle diese Sauerstoffionen bereits relativ stark polarisiert sind und deshalb von anderen Kationen weiterhin nur noch wenig polarisiert werden können. Man darf sie in einer Reihe der Anionenpolarisierbarkeiten wie folgt einstufen:

$$F^-,\ (PO_4)_2^{3-},\ (SO_4)^{2-} < O{-}Si\!\!<\!\!\!\!\diagdown,\ H_2O,$$

$$< OH^-,\ Cl^- < O^{2-} < S^{2-} < Se^{2-}.$$

Dabei ist das freie O^{2-}-Ion der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, während durch das Symbol $O{-}Si\!\!<\!\!\!\!\diagdown$ das weniger polarisierbare Sauerstoffion in der Glasstruktur dargestellt sei. Es ist dabei in diesem Rahmen belanglos, ob wir es vorziehen, etwa in Analogie zu den links stehenden ein komplexes Anion $(SiO_3)^{2-}$ oder $(SiO_4)^{-4}$ anzunehmen oder ob wir SiO_2-Dipole den Betrachtungen zugrunde legen wollen. Daß das an Si gebundene O jedenfalls an der obigen Stelle eingeordnet werden muß, geht z. B. aus der Verschiebung der Absorption und damit der Farbe bei Änderung des Anions hervor: $CuSO_4$ ist farblos, CuO färbt in einfachen (Alkalisilikat-)*Gläsern* ähnlich wie $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$ *blau*, $CuCl_2$ ist gelbbraun, CuO selbst braunschwarz usw. Bei anderen Farbzentren treffen wir ähnliche Verhältnisse an. Auch der Refraktionswert des Sauerstoffions in Gläsern ist demjenigen von Wasser sehr ähnlich (R_0 in H_2O = 3,76; in SiO_2-Glas 3,56, in $Na_2O \cdot 3\,SiO_2$-Glas 4,1).

Nach dieser Einordnung des Sauerstoffanions im Glas in die Reihe der Anionenpolarisierbarkeiten können wir die Frage der Ausscheidung von Halo-

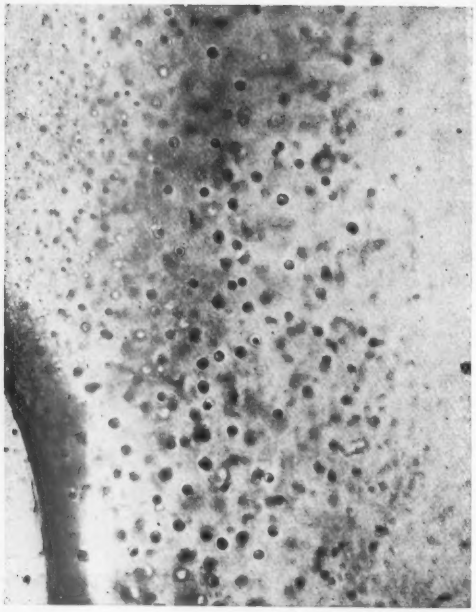


Fig. 1. Bläschen von dampfförmig ausgeschiedenem und bei der Abkühlung kondensiertem Bleichlorid in Bleiglas.

geniden näher betrachten. Nach der eingangs erwähnten Regel muß man nun also erwarten, daß Hauptreihenelemente nur als *Fluoride*, dagegen *Nebenreihen-* oder *Übergangselemente* als *Chloride*, *Bromide* oder *Jodide* in Gläsern ausfallen können. Das erstere ist von den Trübgläsern (mit NaF oder CaF_2) her bekannt, das letztere war bisher noch zweifelhaft. Zwar kennt man die Trübung von *Blei*gläsern durch Zusatz von NaCl oder KCl zum Versatz schon lange[3]), doch war die Natur der trübenden Teilchen noch nicht untersucht worden. Die Theorie fordert in diesem Fall die Ausscheidung von $PbCl_2$. Die Identifizierung der festen Ausscheidungen gelang an Bleioxyd- und chloridhaltigen Borax-Borsäure-Schmelzen, die bei 800—900° hergestellt und bei etwa 500° getempert waren. Röntgenographisch konnte hier mit CuK_α-Strahlung $PbCl_2$ einwandfrei nachgewiesen werden. Unter dem Mikroskop erkennt man in diesen Boratgläsern Kolloidteilchen, während in den chloridgetrübten gewöhnlichen Bleigläsern zahllose *Bläschen* zu sehen sind, in denen kleine Teilchen eingeschlossen sind (Fig. 1). Demnach hat sich also im letzteren Fall das Bleichlorid zunächst als *Dampf* ausgeschieden und erst beim Abkühlen des Glases in den Blasen kondensiert. Dies ist verständlich, da der Siedepunkt von $PbCl_2$ bei 956° liegt und die üblichen Bleigläser bei 1400° erschmolzen werden.

Analog wurden nun auch andere Schwermetallhalogenide in Gläsern zur Ausscheidung gebracht. Da deren Siedepunkte zum Teil sehr niedrig liegen, wählten wir für die meisten Versuche *Boraxglas*, in das wir 2—10% des Schwermetalloxyds und 5—10% NaCl bzw. KBr oder KJ einführten. Silber führten wir (als $AgNO_3$) außerdem auch in ein gewöhnliches Natron-Kalk-Silikat-Glas ein. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse.

Demnach scheiden sich also die Schwermetallhalogenide unter *Trübung* der Schmelze teilweise aus,

Tabelle 1. Boraxschmelzen mit Schwermetallhalogeniden.

Eingeführte Schwermetallverbindung	Zugegebenes Halogenidsalz	Beobachtungen
10% Pb_3O_4	10% NaCl	Dicht weiß getrübt. Röntgenographisch $PbCl_2$ identifiziert.
	10% KJ	Beim Einschmelzen starke Verdampfung. Glas klar, *zitronengelb*.
2% $AgNO_3$	10% NaCl	Elfenbein getrübt; wird am Licht dunkelviolett. Röntgenographisch AgCl identifiziert.
	10% KBr	Himbeerrot, getrübt.
	10% KJ	Schokoladebraun; wird am Licht braunschwarz.
10% CdO	10% NaCl	Dicht weiß getrübt.
5% $TLNO_3$	10% NaCl	Dicht weiß getrübt.
	10% KJ	Klar, schwach *gelb*.
10% ZnO	10% NaCl	Dicht weiß getrübt.
5% $SnCl_2$		Trüb.

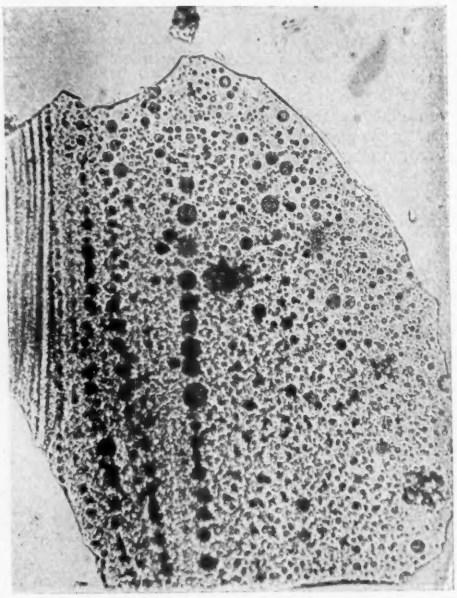


Fig. 2. Ausscheidung von Cadmiumchlorid analog Fig. 1.

teilweise verraten die *Färbungen*, daß sich die Schwermetallionen bevorzugt mit Halogenionen koordiniert haben. Die Trübungen waren — von den Silberschmelzen abgesehen — ähnlich wie bei den Bleigläsern durch *Bläschen* hervorgerufen. In Fig. 2 ist z. B. ein Cadmiumchloridglas abgebildet; man erkennt deutlich die Ausscheidungen in den Blasen. Als einzige fielen die *Silber*gläser dadurch auf, daß sie *keine Bläschen*, sondern feine Kolloidteilchen enthielten (Fig. 3), die nach dem Tempern bei 800° als Kügelchen zu erkennen waren. Die tröpfchenförmige Aus-

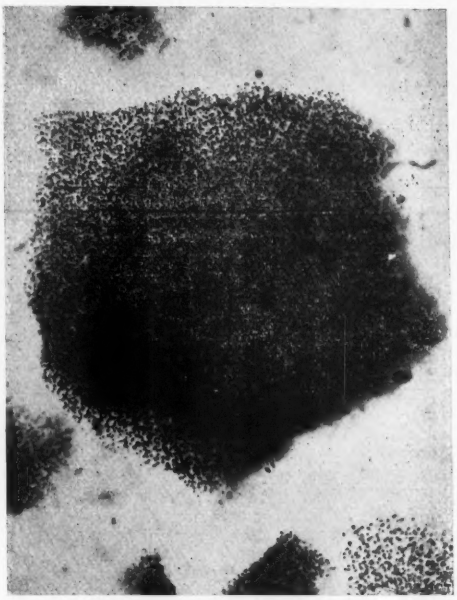


Fig. 3. Ausscheidung von Silberchlorid in gewöhnlichem Glas.

scheidung erklärt sich daraus, daß der Siedepunkt z. B. von AgCl (1554°) oberhalb der Einschmelztemperatur des Glases und der Schmelzpunkt unterhalb des Einfrierbereiches des Glases lag. Besonders eindrucksvoll war, daß sich das AgCl-Glas am Sonnenlicht in wenigen Minuten nach dunkelviolett verfärbte.

Man sieht also aus diesen Versuchen, daß sich auch in Gläsern Halogenionen mit Ausnahme des schwer polarisierbaren Fluorions bevorzugt mit den Schwermetallen verbinden. Gegenversuche mit Elementen der Hauptreihen blieben erfolglos: es bildete sich nie eine Trübung.

In diesem Zusammenhang sei noch auf folgende am Rande interessante Erscheinung verwiesen. Es ist bekannt, daß gelbgrüne, eisenoxydhaltige Gläser bei Zusatz von Kochsalz ihre Farbe nach blaugrün bis blau ändern, so daß man glauben könnte, das gelöste Fe_2O_3 sei zu FeO reduziert worden. Nun ist NaCl aber kein Reduktionsmittel. Der wahre Grund ist vielmehr folgender: Cl muß sich bevorzugt um Fe koordinieren, $FeCl_3$ dissoziiert aber bei höheren Temperaturen leicht zu $FeCl_2$ und Cl_2. Die blaue Farbe muß also dem mit *Chlor*ionen koordinierten zweiwertigen Eisen zugeschrieben werden.

Es liegt nahe, hier wiederum die schon oft diskutierte Frage zu stellen, ob es im Glase definierte Verbindungen gibt, also z. B. im vorliegenden Falle isolierte Moleküle von $FeCl_2$. Letzteres muß man verneinen; das Eisenion wird als $[FeCl_n]$-Baugruppe in das Glasgerüst eingebaut sein, die ihrerseits von anderen Kationen, z. B. Na^+ umgeben ist. Zur Begründung sei auf folgendes verwiesen: W. C. TAYLOR[4]) fand, daß leicht schmelzbare Kobaltgläser bei KCl-Zusatz ihre Farbe von violett-blau nach *grün*, Nickelgläser von gelb nach *blau* ändern. Würde es sich um definierte Moleküle von z. B. $NiCl_2$ in dem Glas als Lösungsmittel handeln, so müßte ein Nickelglas auch bei KCl-Zusatz gelb gefärbt sein, was aber gerade nicht der Fall ist. Da im gelben $NiCl_2$ $[NiCl_6]$-Gruppen vorliegen, in entsprechenden blauen Salzen dagegen $[NiX_4]$-Gruppen, so darf man folgern, daß bei KCl-Zusatz die $[NiO_6]$-Gruppen nicht in $[NiCl_6]$, sondern in $[NiCl_4]$ übergehen. Dies ist aber nur möglich, wenn das positive Feld um eine solche Baugruppe relativ gering ist, d. h. wenn es von schwachen Kationen, z. B. Na^+, umgeben ist. Analog wie bei Ni^{2+} hat man sich den Einbau von Co^{2+} oder Fe^{2+} vorzustellen.

Herrn Dipl. Ing. H. A. SHEYBANY danke ich für die Durchführung der Schmelzversuche bestens.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung, den 22. Februar 1944.

A. DIETZEL.

---

[1]) Naturwiss. **29**, 537 (1941).

[2]) Siehe A. E. v. ARKEL und J. H. DE BOER, Chemische Bindung als elektrostatische Erscheinung, S. 225. Leipzig: S. Hirzel 1931.

[3]) L. SPRINGER, Sprechsaal f. Glas, Keramik usw. **49**, 96 (1916).

[4]) Glass Ind. (New York) **7**, 90 (1926); DRP. 445, 660.

Zur Frage einer natürlichen α-Aktivität des Dysprosiums.

Bei der Untersuchung der seltenen Erden fanden V. HEVESY und PAHL[1]) u. a. bei Dysprosium eine geringe Aktivität, die sie nicht durch Reinigung entfernen konnten und die daher möglicherweise eine natürliche Aktivität dieses Elementes sein konnte.

Diese Tatsache bewog WEFELMEIER, die Möglichkeit einer Voraussage einer solchen Aktivität auf Grund seines Kernmodells[2]) zu versuchen. Da ihm hiernach das Vorhandensein dieser Aktivität plausibel erschien, war es interessant, der Anregung von WEFELMEIER nachgehend, die Frage des Vorhandenseins einer natürlichen Aktivität des Dysprosium zu überprüfen.

Die Versuche wurden ausgeführt mit einem mit Argon gefüllten Zählrohr, dessen Wand siebartig ausgebildet war, so daß die α-Strahlen von dem darunterliegenden Präparat ungehindert Zutritt hatten. Zur Messung diente ein dreistufiger Proportionalverstärker, zur Zählung wurde eine Thyratronstufe mit mechanischem Zählwerk benutzt. Untersucht wurden drei verschiedene Präparate, von denen zwei eine kleine Aktivität zeigten, während bei dem dritten, das sich durch besondere Reinheit auszeichnete, innerhalb der Fehlergrenzen keinerlei Aktivität nachzuweisen war. Es handelte sich dabei um ein

von der Firma Dr. Franke, Frankfurt, als spektroskopisch rein geliefertes Präparat, das lediglich Spuren von Terbium enthielt. Durch Vergleichsmessungen mit Samarium konnte eine obere Grenze der Aktivität bestimmt werden, und zwar verhielten sich bei α-gesättigten Schichten etwa gleichen Gewichtes und gleicher Oberfläche die Teilchenzahlen pro Minute ungefähr wie eins zu dreihundert.

Aus diesen Versuchen folgt, daß die von v. HEVESY und PAHL gemessene Teilchenzahl nicht dem Dysprosium zugeordnet werden kann.

Setzt man eine Aktivität voraus, so ist man berechtigt, für eine Abschätzung zugleich die Annahme einer angenähert gleichen Reichweite der Teilchen bei Samarium und Dysprosium zu machen, da sich bei Annahme einer merklich kürzeren Reichweite eine so extrem lange Lebensdauer ergeben würde, daß aus diesem Grunde die Aktivität nicht mehr nachweisbar wäre. Macht man diese Annahme, so bedeutet die angegebene Grenze, daß die Dysprosiumisotope 161, 162, 163, 164 mit 22 bis 28% Häufigkeit mit einer Aktivität von höchstens $^1/_{500}$ bis $^1/_{600}$ der des Samarium praktisch inaktiv sind. Bei einer Zuordnung der angenommenen Aktivität zu dem Dysprosiumisotop 158 mit 0,1% Häufigkeit könnte die notwendigerweise der Messung entgangene Aktivität etwa die Hälfte der des Samarium sein; bei Zuordnung zu dem Dysprosium 160 mit 1,5% Häufigkeit dagegen wäre die nicht mehr festzustellende Aktivität lediglich noch ein $^1/_{30}$ der des Samarium. Bei Isotopen von so geringer Häufigkeit würde eben nur eine sehr starke Anreicherung eine weitergehende Aussage möglich machen.

Berlin-Dahlem, Max-Planck-Institut der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, den 11. März 1944.

B. GYSAE.

---

[1]) Z. physik. Chem., Abt. A 169, 147—151, (1934).

[2]) Z. Physik 107, 332 (1937).

Ein abgeändertes Verfahren bei der Trennung von Lösungsbestandteilen durch Thermodiffusion in der Flüssigkeit.

Stellt man sich die Aufgabe, zwei gelöste Substanzen zu trennen, so ist für manche Fälle die Thermodiffusion kombiniert mit Siphonströmung eine geeignete Methode. Besonders wird das dann zutreffen, wenn bei chemischen Abtrennungen, an die man natürlicherweise zuerst denkt, Schwierigkeiten auftreten. Das wird etwa der Fall sein können, wenn der eine Stoff in sehr geringer Konzentration vorliegt. Es war deshalb wünschenswert, die Methode so umzugestalten, daß einige ihr anhaftende Mängel beseitigt wurden.

Betrachten wir zunächst näher die Vorgänge in einer nach dem CLUSIUS-DICKELschen Prinzip wirkenden Apparatur. Die zu trennende Lösung befindet sich zwischen zwei Platten, die auf verschiedener Temperatur gehalten werden. Auf Grund der Thermodiffusion stellt sich dann ein Konzentrationsgefälle zwischen den Wänden ein, das für zwei verschiedene Stoffe etwas unterschiedlich ist. Diesem Prozeß überlagert sich nun senkrecht dazu die Umlaufströmung, hervorgerufen durch den verschiedenen Auftrieb der heißen und kalten Flüssigkeitsvolumina. Da nun einerseits an der heißen Wand genau so viel Flüssigkeit nach oben wie an der kalten Wand nach unten strömt, anderseits sich mehr gelöste Substanz an der kalten Wand befindet, werden beide Komponenten, wenn auch verschieden schnell, sich am unteren Ende der Apparatur ansammeln. Die Folge davon ist eine Abnahme der gesamten gelösten Substanz am oberen Ende, bei allerdings monoton ansteigender Trennung. Am unteren Ende der Apparatur dagegen steigt zunächst die Trennung an, nimmt aber nach Durchlaufen eines Maximums wieder ab, weil zum Schluß praktisch beide Lösungsbestandteile sich unten befinden. Diese die Anwendung der Methode wesentlich behindernden Nachteile lassen sich, wie im folgenden gezeigt wird, vermeiden.

Bei Betrachtung des Geschwindigkeitsprofils der Umlaufströmung, wie es in der eben skizzierten Methode realisiert ist, findet man, daß es symmetrisch zur Mittelebene zwischen heißer und kalter Wand ist. Erzeugt man aber jetzt ein unsymmetrisches Strömungsprofil derart, daß die Trennebene der beiden Stromrichtungen nach der kalten Wand zu verschoben ist, so kann man erreichen, daß verschieden große Flüssigkeitsmengen, im Mittel aber gleich viel gelöste Substanzen, nach oben wie nach unten transportiert werden. Praktisch erreicht man diese Bedingung dadurch, daß man zusätzlich einen Strom von Lösungsmittel durch die Apparatur schickt, der unten eintritt und oben so verdampft wird, daß das gesamte Flüssigkeitsvolumen konstant bleibt. Die Geschwindigkeit des Zusatzstromes muß natürlich kleiner als die der Umlaufströmung sein, also bei den üblichen Versuchsbedingungen etwa von der Größenordnung 0,01 mm/sec.

Die Durchführbarkeit der Methode wurde an der wässerigen Lösung von Kaliumsulfat und Kaliumchlorid erprobt. Bei einer wirksamen Länge der Apparatur von 5 cm, einer Temperaturdifferenz von 55°, einem Wandabstand von 0,025 cm und einer Versuchszeit von drei Stunden ergab sich für das obere Gefäß das Gewichtsverhältnis Kaliumsulfat zu Kaliumchlorid gleich 1,0 und unten gleich 1,5. Für die Ausgangslösung war dieses Verhältnis gleich 1,2. Hierzu sei bemerkt, daß wegen der Größe der Vorratsgefäße noch kein Endzustand erreicht ist. Bei diesen Versuchen wurde der Wasserstrom so gewählt, daß das Gewicht des Kaliumchlorids im oberen Vorratsgefäß am Ende des Versuchs größer war als im unteren, während umgekehrt das Gewicht des Kaliumsulfats im oberen Gefäß kleiner als im unteren war. Damit ist gezeigt, daß durch die neue Methode bei Erhaltung der Trennung ein Abnehmen der Substanz im oberen Vorratsvolumen vermieden werden kann. Daraus folgt notwendigerweise, daß im unteren Gefäß kein Maximum der Trennunng mehr durchlaufen wird. Auch auf andere Salzgemische wurde das Verfahren mit Erfolg angewandt.

Berlin-Dahlem, Max-Planck-Institut der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, den 31. Mai 1944.

H. KORSCHING.

Wirksamkeit der Spalte eines Doppelmonochromators.

Für einen einfachen Monochromator ist früher[1]) ein Trapez als Durchlässigkeitskurve angegeben worden. Dieses ist entstanden durch spektrale Auffächerung jeden Punktes des Eintrittsspaltes auf den Winkelbereich β des Austrittsspaltes, wie es schematisch im obersten Teil der Fig. 1 dargestellt ist. Dabei hatte dieses Trapez die parallelen Kantenlängen $\alpha + \beta$ und $\beta - \alpha$ und die Höhe α für den Fall, daß α und β die Spaltbreite von Eintritts- bzw. Austrittsspalt in

Wellenlängenmaß darstellen und $\beta > \alpha$ ist. Es kann leicht gezeigt[2]) werden, daß eine Darstellung als Parallelogramm der Problemstellung besser angepaßt und für eine Erweiterung der Überlegungen auf den Doppelmonochromator eher geeignet ist. Die beiden schraffierten Dreiecke in der Figur sind flächengleich. Daher sind Trapez und Parallelogramm als gleichwertig zu betrachten. Sie haben den gleichen Flächeninhalt $\alpha\beta$.

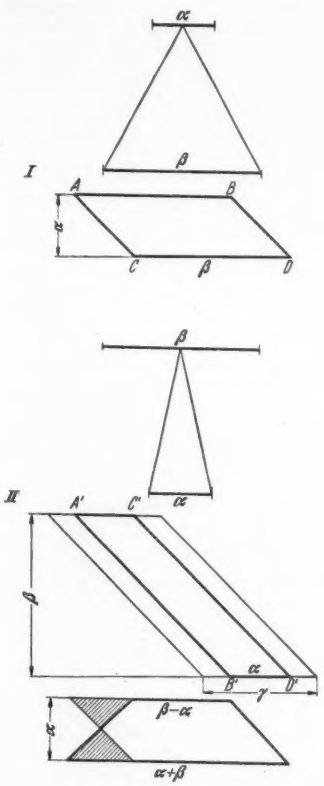


Fig. 1.

Betrachtet man nun einen Doppelmonochromator, so kann man diesen als zwei hintereinander geschaltete Monochromatoren I und II auffassen. Es ist aber nicht zulässig, wie man zunächst glauben könnte, die beiden Trapeze oder Parallelogramme, die die beiden Durchlässigkeiten angeben, gliedweise miteinander zu multiplizieren. Die Eintrittsspalte der beiden Monochromatoren werden nämlich von gänzlich unterschiedlicher Strahlung ausgeleuchtet. Während zu Anfang noch alle Wellenlängen des verwendeten Strahlers vorhanden sind, ist der Wellenlängenbereich für den zweiten Monochromator durch das Parallelogramm der Figur gegeben. Den Spalträndern von β entsprechen dabei BD bzw. AC. Entprechend ergibt sich die Zuordnung der Zwischenpunkte, d. h. jedem Ort des Spaltes β ist ein Wellenlängenbereich α am Austrittsspalt des zweiten Monochromators zugeordnet, wie es ebenfalls in dem mittleren Teil der Fig. 1 dargestellt ist. Der zweite Monochromator wirkt also so, als ob der Austrittsspalt die Breite α und der Eintrittsspalt die Breite β hätte. Als Durchlässigkeitskurve gehört demnach das zweite Parallelogramm mit der Seite α und der Höhe β zu dem Doppelmonochromator. Das gilt jedenfalls für einen Austrittsspalt $\gamma > \alpha$, wie er in der Praxis meistens gegeben sein wird. Da sich wieder solch ein einfaches Parallelogramm, oder damit gleichbedeutend ein Trapez mit den parallelen Seiten $\alpha + \beta$ und $\beta - \alpha$ und der Höhe α ergeben hat[2]), können die für den einfachen Monochromator geltenden Gesetzmäßigkeiten[1]) und Meßverfahren[3]) ohne weiteres auf den Doppelmonochromator übertragen werden. Im besonderen kann also das Verfahren[3]) der Spaltvariation zur Trennung von linienhafter und kontinuierlicher Strahlung der Strahlungsquelle direkt übertragen werden. Es bleibt sich dabei gleichgültig, ob α und γ oder β variiert werden. Wegen der ausführlichen Darstellung, der gesonderten Betrachtung von additiver und subtraktiver Dispersion, wegen der Diskussion des Streulichtes und des Vergleichs mit der PASCHEN-RUNGEschen[4]) Gleichung sei auf Zitat 2 verwiesen.

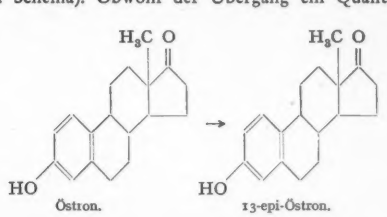
Greifswald, den 1. Dezember 1943.

FRITZ RÖSSLER.

[1]) F. RÖSSLER, Z. techn. Phys. 21, 18 (1940).
[2]) F. RÖSSLER, Z. Physik. Erscheint demnächst. Der Fall $\alpha < \beta$ wird dort eingehend behandelt.
[3]) F. RÖSSLER, Z. Physik 110, 495 (1938).
[4]) F. PASCHEN, Ann. Phys. 60, 712 (1897).

Die Umlagerungsenergie des C-Atoms beim Übergang von Östron zu Lumi-Östron.

Nach den eingehenden Untersuchungen von BUTENANDT[1]) und seinen Mitarbeitern weiß man, daß das Östron durch UV-Bestrahlung in Lumi-Östron übergeht, indem eine sterische Umlagerung am Kohlenstoffatom erfolgt, und das Lumi-Östron konstituell einem 13-epi-Östron zuzuschreiben ist (vgl. Schema). Obwohl der Übergang ein Quanten-



Östron. 13-epi-Östron.

vorgang ist, ist es noch nicht zu übersehen, wieviele Energien beim Vorgang in der Tat gebraucht würden. Das würde aber besonders interessieren. Wir werden nun versuchen, eine Größenordnung dieser Energie an Hand von experimentellen Daten von BUTENANDT, FRIEDRICH und POSCHMANN[2]) zu berechnen. Die genannten Verfasser fanden z. B. aus Östron von 4,15 mg/ccm in Dioxan durch Einstrahlung einer UV-Dosis $3{,}04 \cdot 10^8$ erg (313 mμ) entstehendes Lumi-Östron von 0,754 mg/ccm. Das Verhältnis ist also 0,182. Da die Quantenausbeute des Lumi-Östrons nach diesen Autoren 0,7 ist, müßte die gebrauchte Energie um etwa $\frac{1}{4}$ % niedriger sein. Um dann 100%igen Umwandlungserfolg mit derselben

Hg-Linie zu erzielen, müßte mit einer Dosis von $3{,}04 \cdot 10^8 \cdot 0{,}7/0{,}182$ erg bestrahlt werden, also $1{,}155 \cdot 10^9$ erg. Da man außerdem weiß, daß das Lumi-Östron strukturell nach BUTENANDT 13-epi-Östron ist (vgl. Schema) und daher sein Molekulargewicht bekannt ist, läßt sich die gesamte Molekular- bzw. Atomzahl des bestrahlten Östrons oder Lumi-Östrons berechnen zu $0{,}83/270 \cdot 6{,}06 \cdot 10^{23} \sim 1{,}86 \cdot 10^{21}$, wobei 0,83 g das bestrahlte gesamte Östron ist. Daraus ergibt sich die genannte Umlagerungsenergie des Östrons in Lumi-Östron oder des C-Atoms, weil dessen Umlagerung an diesem Übergang hauptsächlich beteiligt ist, leicht zu $1{,}155 \cdot 10^9/1{,}86 \cdot 10^{21} = 0{,}622 \cdot 10^{-12}$ erg/Atom oder 0,388 eV.

Berlin, Institut für Strahlenforschung der Universität, den 15. März 1944.

NOBUTSUGU KOYENUMA.

[1]) A. BUTENANDT, A. WOLFF u. P. KARLSON, Ber. dtsch. chem. Ges. **74**, 1308 (1941).

[2]) A. BUTENANDT, W. FRIEDRICH u. L. POSCHMANN, Ebenda, **75**, 1931 (1942).

Die Temperaturerscheinungen bei der Diffusion.

Die Diffusion von Gasen ineinander ist von einem Wärmestrom begleitet, der zu vorübergehenden, in manchen Fällen recht erheblichen Temperaturunterschieden führt[1]). Die Theorie des Diffusionsthermoeffekts ist so weit entwickelt, daß ein exakter Vergleich mit dem Experiment möglich ist[2]). Es soll kurz über Versuche dazu berichtet werden.

Zunächst seien die wichtigsten *theoretischen Ergebnisse* festgestellt. Die Gase mögen sich in zwei, anfänglich getrennten, zylindrischen Kammern befinden (Radius R; Höhe jeder Kammer l). In jeder Kammer sei ein Temperaturmeßdraht in der Höhe z über der Kammermitte längs eines Durchmessers ausgespannt. Das längs des Durchmessers gemittelte Temperaturzeitintegral

$$\bar{\Phi} = \frac{1}{R} \int_0^R \int_0^\infty (T - T_0)\, dr\, dt$$

läßt sich so darstellen:

$$\bar{\Phi} = \alpha \cdot \frac{p}{\lambda} \cdot (\gamma_\infty - \gamma_0) \cdot \frac{R^2}{8} \cdot g\left(\frac{z}{l}, \frac{l}{R}\right). \quad (1)$$

Dabei sind α der Thermodiffusionsfaktor; p der Druck; λ der Wärmeleitkoeffizient; γ_0 bzw. γ_∞ die Relativkonzentrationen einer Komponente in einer Kammer zur Zeit $t = 0$ bzw. ∞; g ein Zahlfaktor, für den einige berechnete Werte in Tabelle 1 angegeben sind. — Ferner läßt sich genügend genau der asymptotische Verlauf der Temperatur (für $t \to \infty$) angeben. Die Abklingkonstante der Diffusion beträgt

$$\omega = \frac{\pi^2}{4\, l^2} \cdot D, \quad (2)$$

diejenige der Wärmeleitung ist

$$\chi = \left(\frac{5{,}76}{R^2} + \frac{\pi^2}{l^2}\right) \cdot K$$

bei isothermen Wänden (D = Diffusionskoeffizient, K = Temperaturleitkoeffizient). Da bei allen Gasmischungen $K \gtrapprox \frac{D}{3}$, ist, wenn $l \geqq R$, stets $\chi \gtrapprox 2\omega$, d. h. eine Temperaturdifferenz ohne Wärmenachliefe-rung klingt rascher ab als die Diffusion. Beim Diffusionsthermoeffekt bestimmt also die Diffusion allein den asymptotischen Verlauf:

$$(T - T_0)_{\text{asympt.}} \sim e^{-\omega t}. \quad (3)$$

Die *experimentelle Methode* beruht auf der Bemerkung, daß man das Temperaturzeitintegral und den asymptotischen Temperaturverlauf bei Messung mit dem Widerstandsthermometer richtig erhält, obgleich im Einzelnen wegen Trägheit und Dämpfung der Galvanometerdrehspule die Wiedergabe verzerrt sein wird. Es sei

$$\Theta \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \varrho \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \delta \cdot \varphi = \delta \cdot C \cdot (T - T_0) \quad (4)$$

die Bewegungsgleichung der Drehspule (φ Winkel, Θ Trägheitsmoment, ϱ Reibungskoeffizient, $\delta \cdot \varphi$ Direktionsmoment, C Empfindlichkeitskoeffizient). Integration von Gl. (4) zeigt, daß exakt

$$\Phi = \int_0^\infty (T - T_0)\, dt = \frac{1}{C} \int_0^\infty \varphi\, dt. \quad (5)$$

Ferner ist nach Gl. (3) und (4) offenbar

$$\varphi_{\text{asympt.}} \sim e^{-\omega t}. \quad (6)$$

Der *Apparat* bestand aus zwei Kammern, jede mit $R = 2$ cm und von variabler Höhe. Nach dem Übereinanderschieben der Kammern konnten die Gase ungehindert ineinander diffundieren. Die beiden etwa 4 cm langen Pt-Meßdrähte (15 μ dick) waren auf beliebige Höhe einstellbar und lagen jeweils in einer optimal gewählten Wheatstone-Brücke. Der Galvanometerausschlag wurde photographisch registriert. Der in Gl. (5) vorkommende Koeffizient wurde durch Eichung bestimmt.

Eine erste Gruppe von *Messungen* diente dazu, die theoretischen Aussagen über die Abhängigkeit des $\bar{\Phi}$ von der Geometrie der Anordnung zu prüfen. Dabei diffundierte jeweils N_2 gegen 80% N_2, 20% H_2. Die Registrierkurven waren gut reproduzierbar; durch Flächenmessung erhält man aus ihnen $\bar{\Phi}$. Einige Ergebnisse für $\bar{\Phi}$ (untere Kammer; auf 20° C, 760 mm Hg reduziert) sind in Tabelle 1 aufgeführt. Aus $\bar{\Phi}$ wurde nach Gl. (1) α berechnet mit $\lambda_{\gamma_N = 0{,}95} = 0{,}67 \cdot 10^{-4}$ cal/cm · Gradsec. Messungen wurden auch in zahlreichen Stellungen mit $z \neq 0$ gemacht. Stets ergab sich fast derselbe α-Wert.

Tabelle 1. Messung des Temperaturzeitintegrals $\bar{\Phi}$ bei verschiedener Kammerhöhe l. Meßdraht in der Mitte der unteren Kammer. Diffusion von 80% N_2, 20% $H_2 \leftrightarrow N_2$.

l (cm)	1,05	2,00	3,33	6,67	∞
$g_{z=0}$; theor.	0,22	0,58	0,97	1,28	1,33
$\bar{\Phi}_{\text{exp.}}$ (Gradsec.) .	0,70	2,25	3,72	4,77	—
α	$0{,}17_4$	$0{,}21_4$	$0{,}21_1$	$0{,}20_5$	—

In einer zweiten Gruppe von Messungen wurden eine Reihe bekannter α bestimmt, und zwar von H_2/N_2, A, CO_2; N_2/A; N_2/CO_2. Auch bei diesen Versuchen (außer dem letzten Gaspaar) diffundierten nicht reine Gase, sondern Mischungen ineinander, so daß

jeweils auch die Abhängigkeit des α vom Mischungsverhältnis erhalten wurde (als Beispiel Tabelle 2). Außer beim Paar N_2/CO_2 stimmen die gefundenen Werte mit denen der Literatur überein[3]).

Tabelle 2. Thermodiffusionsfaktor von H_2/A (20^0 C).

γ_A	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
α	0,470	0,41$_8$	0,370	0,34$_2$	0,31$_1$	0,28$_9$	0,270	0,24$_6$	0,22$_7$	0,19$_7$

Schließlich wurden alle Registrierkurven logarithmisch umgezeichnet. Man erhält, wie nach Gl. (6) zu erwarten, für genügend große t Gerade, aus deren Neigung man ω und, nach Gl. (2), den Diffusionskoeffizienten entnimmt. Die Versuche der ersten Gruppe ergaben stets fast dasselbe D (die ω dagegen sind für $l = 1{,}05$ cm und $l = 6{,}67$ cm um den Faktor 40 verschieden). Außerdem wurden eine Reihe weiterer, schon bekannter D-Werte auf diese Weise bestimmt und sämtlich in Übereinstimmung mit den Literaturangaben befunden[3]).

Damit ist die Theorie des Diffusionsthermoeffekts in Gasen quantitativ wohl in vollem Umfang bestätigt; insbesondere sind auch die von MEIXNER aus dem ONSAGERschen Reziprozitätssatz gezogenen Folgerungen experimentell bewiesen[4]).

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, den 14. März 1944. L. WALDMANN.

[1]) K. CLUSIUS u. L. WALDMANN, Naturwiss. 30, 711 (1942). — L. WALDMANN, Z. Physik 121, 501 (1943).

[2]) L. WALDMANN, Naturwiss. 31, 204 (1943). — Z. Physik (im Erscheinen).

[3]) S. auch L. WALDMANN, Naturwiss. 1944, 223 (nachstehende Mitteilung).

[4]) J. MEIXNER, Ann. Physik 43, 244 (1943).

Eine neue Meßmethode für Thermodiffusions- und Diffusionskoeffizienten in Gasen.

Nach der quantitativen Bestätigung der Theorie des Diffusionsthermoeffekts[1]) stand nichts im Wege, diesen zur Ermittlung noch unbekannter Thermo-

Tabelle 1. Gemessene Thermodiffusionsfaktoren und Diffusionskoeffizienten (20^0 C, 760 mm Hg).

D (qcm/sec.) \ α	H_2	N_2	O_2	A	CO_2	D_2
H_2		0,50 ÷ 0,20 (1))		0,50 ÷ 0,19 (1))	0,43 ÷ 0,17 (1))	0,14 (*)
N_2	0,76 (0,76)		0,018 (*)	0,071 (0,074)	0,039 (0,056)	
O_2		0,22 (0,20)		0,049 (*)	0,040 (*)	
A	0,77 (*)	0,20 (*)	0,20 (*)		0,020 (*)	
CO_2	0,60 (0,61)	0,16 (*)	0,16 (0,20)	0,14 (*)		
D_2	1,21 (*)					

D (qcm/sec.)

[1]) Übereinstimmung mit Literaturwerten für mittlere γ; s. Text.

diffusionsfaktoren anzuwenden. Gleichzeitig wurden eine Reihe bisher unbekannter Diffusionskoeffizienten gemessen.

Die Versuchstechnik ist in der vorangehenden Note [1]) geschildert. Die α wurden für jede Kammer einzeln ermittelt, indem in der dortigen Gl. (1) das zur mittleren Relativkonzentration $\frac{(\gamma_0 + \gamma_\infty)}{2}$ der betreffenden Kammer gehörige λ eingesetzt und der so gefundene α-Wert ebenderselben mittleren Relativkonzentration zugeordnet wurde. Die Methode erlaubt es, die Endwerte von α (für $\gamma = 0$ und 1) mit gleicher Genauigkeit zu bestimmen, wie z. B. den zu $\gamma = 0{,}5$ gehörigen Wert, während die Messung mittels Thermodiffusion etwas unsichere Endwerte liefert. Deshalb war bei den schon bekannten α ein genauer Vergleich nur für mittlere γ möglich.

Die Ergebnisse, auch die für bekannte α und D, sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Die eingeklammerten Zahlen sind Literaturwerte, sämtlich aus LANDOLT-BÖRNSTEIN, außer dem α für H_2/A[2]) und N_2/A[3]). Nichtvorliegen von Literaturangaben ist durch (*) angedeutet. — Rechts oben stehen Thermodiffusionsfaktoren. Bei allen untersuchten Gaspaaren erwärmte sich stets die leichtere Komponente. Bei H_2/N_2, A, CO_2 sind die Endwerte angegeben (für $\gamma_H = 1$ und 0). H_2/O_2 wurde nicht gemessen. Die neu gefundenen α sind klein (außer α von H_2/D_2) und waren deshalb mittels Thermodiffusion bisher nicht gemessen. Die α für N_2, O_2, A/CO_2 variieren ziemlich stark mit dem Mischungsverhältnis; die angegebenen Werte beziehen sich auf $\gamma_{CO_2} = -0{,}5$. — Links unten in Tabelle 1 stehen Diffusionskoeffizienten. Diese erwiesen sich in allen Fällen innerhalb der Fehlergrenzen als vom Mischungsverhältnis unabhängig.

Versuche mit Isotopen, bei welchen der Thermodiffusionsfaktor von besonderem Interesse ist, konnten nur im Fall des Wasserstoffs gemacht werden. α zeigte sich als vom Mischungsverhältnis unabhängig. Im Prinzip sind bei Isotopen aus einer einzigen Registrieraufnahme α und der Selbstdiffusionskoeffizient zu entnehmen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für Förderung dieser Untersuchung.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, den 14. März 1944. L. WALDMANN.

[1]) L. WALDMANN, Naturwiss. 1944, 222 (vorstehende Mitteilung).

[2]) T. L. IBBS, Proc. Roy. Soc. (London), Ser. A, 107, 470 (1925).

[3]) T. L. IBBS, K. E. GREW und A. HIRST, Proc. physic. Soc. 41, 456 (1929)

Aktivierung von Lanthan mit Deuteronen.

Nach POOL und QUILL[1]) entsteht bei der Bestrahlung von Lanthan mit Deuteronen von 6 eMV. ein Lanthan von 31 Stunden Halbwertszeit. Sie ordnen dieses Lanthan dem Prozeß La^{139} (d, p) La^{140} zu. Nach Nebelkammeraufnahmen (1100 Spuren) handelt es sich um einen Elektronenstrahler mit einer β-Grenze von 0,8 eMV. Dieselbe Halbwertszeit von 31 Stunden tritt nach POOL und QUILL[1]) auch bei der Bestrahlung von Lanthan mit schnellen Neutronen auf. Bei der Bestrahlung von Lanthan mit langsamen Neutronen erhielten MARSH und SUGDEN[2]) ein La^{140} von 46 Stunden Halbwertszeit. In Übereinstimmung damit fanden HAHN und STRASSMANN[3] und GÖTTE[3] eine Halbwertszeit von 44 Stunden. Nach BOTHE[5]) beträgt die Halbwertszeit 40 Stunden. Bei der Bestrahlung von Lanthan mit schnellen Neutronen findet GÖTTE[3] ein La von 44 Stunden und nicht von 31 Stunden, wie von POOL und QUILL angegeben. Offenbar werden die schnellen Neutronen an La^{139} vorwiegend angelagert unter Bildung von La^{140} (44 Stunden). Dasselbe La sollte auch bei der Bestrahlung von Lanthan mit Deuteronen entstehen. Um das in diesem Falle von POOL und QUILL gefundene La von 31 Stunden Halbwertszeit einigermaßen befriedigend zuzuordnen, hat es MATTAUCH[4]) versuchsweise durch den Prozeß La^{139} (d, H^3) La^{138}

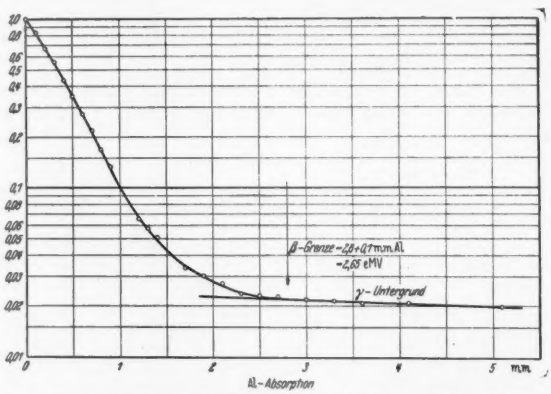


Fig. 1. β-Absorptionskurve von $_{57}La^{140}$ (40 Stunden).

gedeutet. Es wird hier über eine Wiederholung des Versuchs von POOL und QUILL über Bestrahlung des Lanthans mit Deuteronen berichtet.

Chemisch sehr reines La_2O_3 wurde mit Deuteronen von 6 eMV. bestrahlt, also mit Deuteronen derselben Energie wie bei POOL und QUILL. Nach der Bestrahlung wurde nach Zugabe von Barium und Cer das Lanthan chemisch abgetrennt und seine Aktivität mit einem 100 μ-Al-Zähler gemessen. Alle so gewonnenen Präparate fielen mit nur *einer* Halbwertszeit ab, und zwar in vier Fällen mit 42, 40, 39 und 39 Stunden, d. h. im Mittel mit einer Halbwertszeit von $40 \pm 1{,}5$ Stunden. Ein 31-Stunden-La trat nicht auf. Da nach POOL und QUILL die β-Grenze ihres 31-Stunden-La bei 0,8 eMV. liegt, hätte es bei der Messung mit einem 100-μ-Al-Zähler beobachtet werden müssen. Die β-Absorptionskurve des hier gefundenen 40-Stunden-La zeigt Fig. 1. Es ergibt sich für die β-Grenzdicke ein Wert von $780 \frac{\text{mg Al}}{\text{cm}}$ und daraus nach der FEATHERschen Formel eine β-Grenzenergie von ungefähr 1,65 eMV. Mit einem Al-Zählrohr bestehen etwa $2\,^0/_0$ des gemessenen Effekts aus γ-Strahlung. Für den Abfall dieses γ-Effekts ergab sich ebenfalls eine Halbwertszeit von 40 Stunden.

Die hier für La (d, p) gefundenene Halbwertszeit von 40 Stunden stimmt ausgezeichnet überein mit dem

von BOTHE für La (n, γ) gefundenen Wert und ist sicher identisch mit dem 44-Stunden-La von GÖTTE u. a., zumal auch die hier gemessene β-Absorptionskurve mit der von GÖTTE veröffentlichten sehr gut übereinstimmt. Bei der Bestrahlung von Lanthan mit Deuteronen entsteht also ein La^{140} von 44 Stunden Halbwertszeit nach der Reaktionsgleichung

$$La^{139}\ (d, p)\ La^{140}\ (40\ \text{Stunden})$$

d. h. dasselbe La, das bei dem Prozeß La^{139} (n, γ) La^{140} (40 Stunden) bei der Bestrahlung mit langsamen und schnellen Neutronen entsteht.

Darmstadt, den 15. April 1944.

W. MAURER.

---

[1]) M. L. POOL, L. L. QUILL, Physic. Rev. 53, 437 (1938).
[2]) J. K. MARSH, S. SUGDEN, Nature (London) 136, 102 (1935).
[3]) H. GÖTTE, Naturwiss. 30, 108 (1942).
[4]) J. MATTAUCH, Kernphysikalische Tabellen. 1941.
[5]) Herrn Prof. BOTHE danke ich für die freundliche Mitteilung dieses unveröffentlichten Wertes.

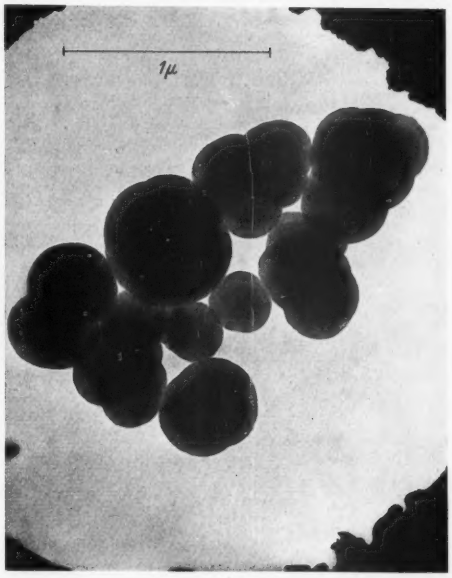
Über die „aktiven Stellen" bei der Katalyse.

Zur Erklärung der Wirksamkeit eines festen Katalysators wird vielfach angenommen, daß nicht die ganze Oberfläche, sondern nur besonders „aktive Stellen" in der Oberfläche wirksam sind. Solche „aktive Stellen" können die Atome an den Ecken und Kanten der Katalysatorkristalle sein. Die elektronenmikroskopische Untersuchung des Rußes Thermax[1]) gab die Möglichkeit für diesen Ruß als Katalysator die Existenz besonders aktiver Stellen zu prüfen.

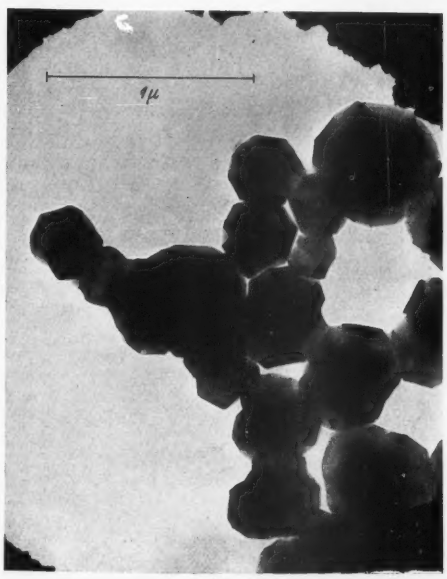
Dieser Ruß besteht nach Glühen bei 1300° aus kugelförmigen Körnern von etwa 3500 Å Durchmesser und ist reiner elementarer Kohlenstoff[2]). Jedes Korn enthält noch rund 10^6 Graphitkristalle von etwa 30 Å Größe. Nach 24stündigem Graphitieren bei 3000° ist die Korngröße ungefähr dieselbe, doch besteht jedes Korn nur noch aus 1 bis 3 Graphitkristallen (Fig. 1). Der Vergleich der adsorbierbaren Menge Methylenblau mit der aus der Korngröße berechneten äußeren Oberfläche zeigt, daß das Innere der Körner in beiden Fällen bei der Adsorption nicht wesentlich mitwirkt und somit praktisch unzugänglich ist. Dagegen stimmt die adsorbierende Oberfläche mit der äußeren Kornoberfläche befriedigend überein.

Die Oberfläche des Thermax — 1300° ist also etwa gleich groß, wie die des Thermax — 3000°. Dagegen muß die Zahl der Atome an Kristallecken und -kanten in der Oberfläche des Thermax — 1300° rund 100- bis 10 000mal größer sein, da in dieser ja rund 10 000mal mehr Kristalle liegen, als bei Thermax — 3000°. Die Zahl solcher „aktiven Stellen" sollte also bei jenem in entsprechendem Maße größer sein.

Die katalytische Wirkung wurde an der Bildung von HBr aus H_2 und Br_2 bei 150° gemessen[3]). Der Wasserstoff von Atmosphärendruck war mit Br_2-Dampf bei 0° gesättigt. Bei genügend rascher Strömungsgeschwindigkeit erhält man eine von der Strömungsgeschwindigkeit unabhängige und nur noch von der Zeit und der Menge des Katalysators abhängige Ausbeute an HBr. Diese Ausbeute ist also ein geeignetes Maß für die maximale „*katalytische* Leistung" des Kohlenstoffs. Sie wurde in mMol HBr pro Stunde und Gramm Kohlenstoff gemessen.



a)



b)

Fig. 1. Elektronenmikrobilder des Rußes Thermax. Die Elektronenmikrobilder wurden im Laboratorium für Elektronenoptik der Siemens-Halske AG. aufgenommen und uns von Dr. A. RAGOSS der Siemens-Plania-Werke AG. zur Verfügung gestellt.
a) Bei 1300° geglüht. Nr. 4815/41. b) Bei 3000° graphitiert. Nr. 4803/41.

Tabelle 1.

Thermax	Kristallgröße in Å	Äußere Oberfläche der Körner in m^2/g	Absorbierende Oberfläche (mg Methylenblau) in m^2/g	Katalytische Leistung in mMol HBr/g C und Stunde
1300°.....	30	8,5	4,0	0,049
3000°	3500	8,5	3,6	0,047

Die Messung ergab (Tab. 1), daß Thermax — 3000° die gleiche katalytische Leistung von 0,05 mMol HBr liefert, wie Thermax — 1300°. Daß diese HBr-Bildung auf katalytische Wirkung des Rußes zurückzuführen ist, wurde dadurch bewiesen, daß die Apparatur mit der gleichen Menge Quarzsand von 1 μ Feinheit nur 0,003 mMol HBr lieferte.

Bei der HBr-Bildung ist die katalytische Wirkung des Kohlenstoffs also nicht auf „aktive Stellen" an Ecken und Kanten der Graphitkristalle zurückzuführen. Da aber auch andere, allenfalls denkbare, in den Außenflächen liegende aktive Stellen durch die Graphitierung vermindert werden müssen, sind bei der HBr-Bildung offenbar die in der Oberfläche der Graphitkristalle normal gebundenen Atome wirksam.

An den Vorschlag von G. M. SCHWAB[4]) anlehnend, könnte man annehmen, daß die Katalyse durch Aktivierung des Broms an den Basisflächen der Graphitkristalle bewirkt wird. Dafür spricht die Bindung von Brom im Graphitgitter im „Bromgraphit" nach RÜDORFF[5]). Da der Bromgraphit bereits bei Zimmertemperatur und vermindertem Bromdampfdruck zerfällt, ist eine Aufnahme des Broms ins Innere der Graphitkristalle hier nicht wahrscheinlich, dagegen wäre eine analoge Bindung an die freiliegenden Basisflächen denkbar.

Wien, Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Technischen Hochschule, den 16. Februar 1944. U. HOFMANN. W. HÖPER.

[1]) A. RAGOSS, U. HOFMANN u. R. HOLST, Kolloid-Z. 105, 118 (1943).

[2]) Vor dem Glühen bei 1300° enthält der Ruß noch Kohlenstoffverbindungen und hat eine katalytische Leistung von nur 0,033 m Mol HBr/g und Stunde.

[3]) U. HOFMANN u. W. LEMCKE, Z. anorg. allg. Chem. 208, 194 (1932).

[4]) G. M. SCHWAB u. F. LOBER, Z. phys. Chem., Ser. A, 186, 321 (1940).

[5]) W. RÜDORFF, Z. anorg. Chem. 245, 383 (1941).

Elektronenmikroskopische Bestimmung der Konzentration von Tabakmosaikviruslösungen.

Die Konzentration von Tabakmosaikviruslösungen wurde bisher durch Stickstoffmikroanalyse als mg/ccm Eiweiß oder durch Wägung als Trockengewichtsprozent bestimmt. Seit der Sichtbarmachung der Erreger im Elektronenmikroskop[1]) bestand das Bestreben, als Grundlage für die Infektionsversuche ein Verfahren zu entwickeln, das der Auszählung von Bakterien in der Zählkammer entspricht.

Bei der bisher üblichen Methode der Objektträgerbeschickung war es aber nicht möglich, die Anzahl der abgebildeten Teilchen auf eine bestimmte Flüssigkeitsmenge zu beziehen, da der aufgetragene Tropfen nur zum Teil im Gesichtsfeld abgebildet werden konnte. Außerdem ist es wahrscheinlich, daß beim Eintrocknen des Dispersionsmittels und erst recht beim seitlichen Absaugen durch die zum Tropfenrande hinzielende Strömung eine längenmäßige Auslese und ein Abschwimmen der Virusstäbchen erfolgt.

Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, wurde versucht, die von RIEDEL und RUSKA[2]) angegebene Methode zur Niederschlagung von Aerosolen im elektrischen Feld für die Darstellung von Viruselementen auszubauen.

Die Viruslösung wird so weit verdünnt, daß eine „molekulare" Lösung ohne makroskopisch sichtbare Anisotropieerscheinungen, die auf eine teilweise Aggregation der Stäbchen hindeuten würden, vorliegt. Diese verdünnte Lösung wird zerstäubt und der entstehende Nebel fünf Minuten lang in einem Strom von 1 Liter/min an den mit 5 kV aufgeladenen Objektträgerblenden vorbeigeführt. Dabei schlagen sich feinste, voneinander isoliert liegende Tröpfchen nieder. Tabakmosaikvirus in destilliertem Wasser ergibt infolge der schnellen Abdunstung des Wassers nur homogene dichte Flecke oder wirre Netze mit amöbenartigen Umrissen, ohne daß Einzelstäbchen sichtbar werden (Fig. 1). Erst der Zusatz hygroskopischer Substanzen, wie NaCl, LiCl, $Co(NO_3)_2$, Glycerin u. a., setzt den Dampfdruck so weit herab, daß die Nebeltröpfchen bis zum Niederschlagen auf dem Kollodiumfilm des Objektträgers erhalten bleiben. Die Beziehungen zwischen Durchmesser des entstandenen Fleckes und dem des Nebeltröpfchens läßt sich durch Zusatz einer geringen Menge kolloidalen Goldes oder Silbers herstellen bzw. durch die Kantenlänge der Salzkristalle des verwendeten Zusatzes berechnen, wie in der oben zitierten Arbeit angegeben.

Fig. 2 zeigt ein solches Nebeltröpfchen. Jetzt liegt die gesamte vom Zerstäuber aus der Lösung gerissene Virusmenge innerhalb des aufgetrockneten Fleckes. Auf jedem Objektträger lassen sich je nach Dauer des Versuches gleichzeitig 50 bis 100 gut voneinander getrennt liegende Tröpfchen darstellen, die als Grundlage einer statistischen Auswertung dienen können. Durch weiteres Verdünnen der Ausgangslösung werden schließlich Tröpfchen mit übersichtlich liegenden Einzelstäbchen gewonnen, die einer genau bestimmbaren Flüssigkeitsmenge zugeordnet sind (Fig. 3).

Zur Bestimmung der Konzentration der Ausgangslösung genügt nicht das bloße Auszählen der Virusteilchen, da die Länge der Stäbchen durch starke Tendenz zur Längsaggregation beträchtlich variiert. Darum geben wir die *Konzentration* durch die *Gesamtlänge der aneinandergereihten Stäbchen in der Volumeinheit* einer Lösung an.

In Fig. 3 z. B. entspricht der dargestellte Fleck, dessen Inhalt planimetrisch bestimmt wird, unter Berücksichtigung der Abtrocknungskurve für den verwendeten Salzzusatz einem Tröpfchen von $\approx 1\,\mu$ Durchmesser. Dann ist der Inhalt des Tröpfchens

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\cdot 3{,}14\cdot 0{,}5^3\,\mu^3 = 0{,}5\,\mu^3.$$

Die Gesamtstrecke der aneinandergereihten Virusstäbchen in diesem Tröpfchen beträgt $\approx 5\,\mu$. Also befinden sich in der Ausgangslösung, die für den Versuch durch Salzlösungen im Verhältnis 1 : 3 verdünnt war,

in 1 μ^3 Viruslösung $\approx$ 40 μ TM-Stäbchen,

oder umgerechnet

in 1 cm^3 Viruslösung $\approx$ 40.000 km TM-Stäbchen.

Durch statistische Auswertung einer großen Zahl von Tröpfchen unter Berücksichtigung der Stäbchenzahl in der Längeneinheit ergeben sich nun Werte für die mittlere Stäbchenlänge und die Längenvariation in einem Verteilungsdiagramm. Zur Klärung dieser Frage, die besonders in Hinsicht auf das Problem der kleinsten noch infektiösen Einheit wichtig ist, haben wir zirka 7000 Einzelstäbchen vermessen, um Gesetzmäßigkeiten in der statistischen Verteilung der Längen aufzudecken. Einzelheiten bringt eine spätere ausführliche Arbeit.

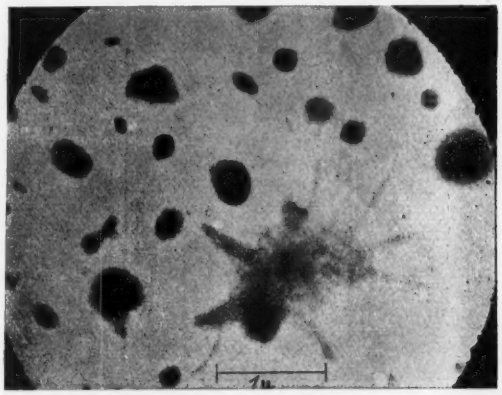


Fig. 1. 3400/43 TM-Virus in H_2O im elektrischen Feld bei + 5 kV niedergeschlagen (18 000 fach vergr.).

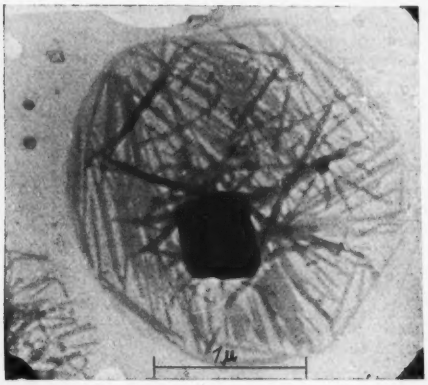


Fig. 2. 3891/43 TM-Virus in H_2O mit 0,08% NaCl im elektrischen Feld bei + 5 kV niedergeschlagen (24 000 fach vergr.).

Das Verfahren läßt sich auch zu einer Bestimmung der Eiweißmenge in Viruslösungen ausbauen. Dabei sind verschiedene Konstanten zu berücksichtigen, die bisher noch nicht endgültig festliegen, aber durch Verbindung unserer Bestimmungsmethode mit der chemischen Eiweißanalyse geprüft werden können, so vor allem das spezifische Gewicht. Nach BAWDEN und PIRIE[3]) beträgt die Dichte 1,34, nach BECHHOLD und SCHLESINGER[4]) 1,12. Der Durchmesser der Stäbchen konnte durch Photometrierung von Elektronenaufnahmen[1]) und Auswertung von Röntgenbeugungsdiagrammen[5]) auf 150 bzw. 152 Å festgelegt werden. Der Querschnitt stellt nach denselben Röntgenbeugungsaufnahmen wahrscheinlich ein Sechseck mit der Seitenlänge von 87 Å dar, während die Elektronenaufnahmen eine zylinderförmige Gestalt nahelegen. Die Viruseiweißmenge M läßt sich also als Inhalt eines sechsseitigen Prismas oder eines Zylinders von der Höhe h der Gesamtstäbchenlänge in einem Kubikzentimeter Lösung berechnen:

$$M = \pi r^2 \cdot h = 3{,}14 \cdot 7{,}5^2 \cdot 4 \cdot 10^{16}\ \mathrm{m}\mu \cdot \mathrm{m}\mu^2 = 7{,}07 \cdot 10^{18}\ \mathrm{m}\mu^3.$$

Bei einem spezifischen Gewicht von 1,34 ergibt das 9,5 mg/ccm Eiweiß. Eine chemische Kontrollbestimmung ergab 9,02 mg/ccm. Schon diese Überschlagsrechnung auf Grund der Werte eines einzigen Tröpfchens zeigt also eine große Genauigkeit für die Konzentrationsbestimmung an, die sich bei statistischer Auswertung einer größeren Anzahl von Tröpfchen noch steigern läßt.

Wie die bei Fig. 3 gezeigte Kontrasterhöhung durch Kobaltnitrat schon andeutet, läßt sich die Zerstäubungsmethode auch auf Probleme der Einwirkung von Reagentien auf Eiweißkörper und auf Adsorptionsfragen ausdehnen, während bei der bisherigen Präparationsmethode für die elektronenoptische Darstellung gerade Elektrolytfreiheit der Suspension Vorbedingung war.

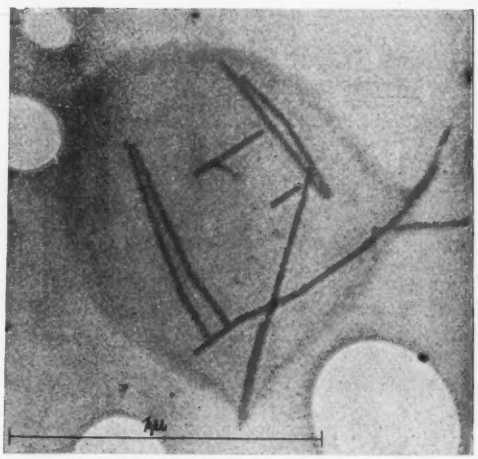


Fig. 3. 3602/43 TM-Virus in H_2O mit 0,08% NaCl im elektrischen Feld bei + 5 kV niedergeschlagen. Kontrasterhöhung durch Zusatz von 0,02% $CO(NO_3)_2$ (50 000fach vergr.).

Mit der geschilderten Methode erweitert also die Elektronenmikroskopie auch in der Virusforschung ihren Anwendungsbereich über die rein morphologische Darstellung hinaus in den Bereich der quantitativen Analyse.

Zusammenfassung. Feinste Nebeltröpfchen von zerstäubten Viruslösungen werden im elektrischen

Feld niedergeschlagen und elektronenmikroskopisch zur Darstellung gebracht. Aus Fleckgröße der aufgetrockneten Tröpfchen und Stäbchenlänge der im Tröpfchen enthaltenen Virusteilchen wird die Konzentration der Viruslösung berechnet.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt, und Berlin-Spandau, Laboratorium für Übermikroskopie der Siemens & Halske AG., den 14. März 1944.

H. HAARDICK, G. A. KAUSCHE, H. RUSKA.

[1]) G. A. KAUSCHE, E. PFANKUCH u. H. RUSKA, Naturwiss 27, 292 (1939).
[2]) G. RIEDEL u. H. RUSKA, Kolloid-Z. 96, 86 (1941). — G. RIEDEL, Kolloid-Z. 103, 228 (1943).
[3]) F. C. BAWDEN u. N. W. PIRIE, Proc. roy. Soc., Lond., Ser. B., 123, 274 (1937).
[4]) H. BECHHOLD u. M. SCHLESINGER, Phytopath. Z. 6, 627 (1933).
[5]) J. D. BERNAL u. I. FANKUCHEN, J. gen. Physiol. (Am.) 25, 111 (1941).

Über die Auslösung von Chromosomenmutationen bei Drosophila melanogaster mit Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge.

Die bisher vorliegenden Untersuchungen[1]) über die Auslösung von Chromosomenmutationen mit Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge ergaben bei verschiedenen Untersuchungsobjekten keinen Hinweis auf eine Wellenlängenabhängigkeit. Diese Feststellung bedurfte jedoch einer Nachprüfung, da die Befunde in einigen Fällen statistisch nicht befriedigend gesichert sind, und in anderen dem Vergleich die Wirkung nur bei einer einzigen Dosis und nicht die Dosisproportionalitätskurven zugrunde liegen.

Zur Klärung dieser Frage bestimmten wir Dosisproportionalitätskurven für Translokationen zwischen II. und III. Chromosom in reifen Spermien von Drosophila melanogaster bei drei Röntgenstrahlqualitäten. Über die verwendeten Strahlungen sowie die Versuchsergebnisse orientiert Tabelle 1. Eine nennenswerte Schwächung der Röntgenstrahlung in dem über den Gonaden liegenden Gewebe war auch bei den weichsten der verwendeten Strahlungen nicht zu erwarten, da die in Frage kommende Gewebeschicht nur etwa 0,3 mm, die Halbwertschicht im Gewebe jedoch etwa 12 mm beträgt. Außerdem war durch die Form der Bestrahlungskapsel Sorge getragen, daß die Fliegen nicht übereinander lagen.

Tabelle 1. Raten der II/III-Translokationen nach Bestrahlung reifer Spermien von Drosophila melanogaster mit verschiedenen Röntgenstrahlqualitäten (Expositionsdauer: 300').

Dosis in r	35 kV; 0,5 mm Al-Filter HWS = 0,5 mm Al. λ_{eff} = 0,5 Å		70 kV; 0,5 mm Al-Filter HWS = 0,9 mm Al. λ_{eff} = 0,4 Å		180 kV; 0,5 mm Cu + 0,5 mm Al-Filter HWS = 1,1 mm Cu λ_{eff} = 0,15 Å	
	Anzahl der untersuchten Gameten	Prozentsatz der II/III-Translokationen	Anzahl der untersuchten Gameten	Prozentsatz der II/III-Translokationen	Anzahl der untersuchten Gameten	Prozentsatz der II/III-Translokationen
1000	2115	1,28 ± 0,24	2342	1,37 ± 0,24	1559	1,35 ± 0,29
2000	2215	3,93 ± 0,41	2142	3,96 ± 0,42	1418	3,32 ± 0,48
4000	1133	10,92 ± 0,93	2309	10,34 ± 0,63	913	11,17 ± 1,04

Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, konnte ein Unterschied in der Wirksamkeit weicher und harter Röntgenstrahlen nicht nachgewiesen werden. Bei den verschiedenen Strahlenqualitäten ändert sich weder die Mutationskonstante noch die Form der Dosisproportionalitätskurve, die, wie früher gezeigt[2]), durch $T = c \cdot D^{1,5}$ wiedergegeben werden kann. Eine eingehendere Diskussion des Treffereignisses und Treffbereichs wird nach Vorliegen weiterer Untersuchungen, insbesondere über Bestrahlung mit schnellen Neutronen, erfolgen.

Berlin-Buch, Genetische Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts, den 20. März 1944.

A. CATSCH. A. KANELLIS. GH. RADU. P. WELT.

[1]) H. BAUER, Chromosoma 2 (1942). — K. EBERHARDT, Chromosoma 1 (1939). — A. C. FABERGÉ, J. Genet 40 (1940). — A. MARSHAK, Proc. nat. Acad. Sci. 23 (1937). — H. J. MULLER, J. Genet. 40 (1940).
[2]) A. CATSCH, GH. RADU, A. KANELLIS, Naturwiss. 31/32 (1943).

Massenspektrometrische Atomgewichtsbestimmung an natürlichem und angereichertem Kalium.

Mit einem ausheizbaren Massenspektrometer, das der eine von uns an anderer Stelle ausführlich beschreiben wird, wurde das Häufigkeitsverhältnis der beiden Kaliumisotope $K^{39} : K^{41}$ bestimmt. Die zuerst untersuchte Probe war KCl p. a. von KAHLBAUM. Wir fanden für das Isotopenmischungsverhältnis $K^{39} : K^{41} = 13{,}96 \pm 0{,}1$. Hieraus berechnet sich die mittlere Massenzahl zu $39{,}134 \pm 0{,}001$ und unter Zugrundelegung eines Packungsanteiles von $-6{,}1 \cdot 10^{-4}$ und des SMYTHEschen Faktors von 1,000275 das chemische Atomgewicht des Kaliums zu $39{,}099 \pm 0{,}001$, in guter Übereinstimmung mit den bisherigen chemischen und massenspektrometrischen Atomgewichtsbestimmungen[1]).

Im weiteren haben wir eine Kaliumprobe untersucht, in der von v. HEVÉSY und LÖGSTRUP[2]) auf dem Wege der idealen Destillation das Kaliumisotop 41 angereichert worden war. Das Atomgewicht dieser Probe war früher von HÖNIGSCHMIDT und GOUBEAU[3]) sowie von BAXTER[4]) übereinstimmend zu $39{,}109 \pm 0{,}001$ gefunden worden. Unsere Messungen im Massenspektrometer ergaben für dieses angereicherte Kalium ein Mischungsverhältnis $K^{39} : K^{41} = 12{,}76 \pm 0{,}1$ und damit ein Atomgewicht $A = 39{,}110 \pm 0{,}001$ in guter Übereinstimmung mit den Bestimmungen von HÖNIGSCHMIDT und BAXTER.

Die Radioaktivität dieser angereicherten Kaliumprobe war früher mit der von gewöhnlichem Kalium verglichen worden, um zu entscheiden, welchem Isotop die natürliche Radioaktivität des Kaliums zuzuschreiben ist[5]) [6]). Aus der gemessenen Aktivitätszunahme von $4{,}43 \pm 0{,}5\%$ war unter Zugrundelegung des damals zu hohen internationalen Atomgewichtswertes das K^{40} ausgeschlossen worden. Nach Veröffentlichung des heute gültigen Wertes hat HEVESY[7])

bereits auf das K^{40} als das natürlich radioaktive geschlossen. SMYTHE und HEMMENDINGER[8]) haben durch weitgehende Trennung im Massenspektrographen, verbunden mit dem Vergleich der Radioaktivitäten, eindeutig gezeigt, daß die gesamte natürliche Radioaktivität des Kaliums (zwei Energiegruppen im β-Spektrum) vom K^{40} herrührt.

Bezeichnen wir mit c_{41} den prozentualen Gehalt des natürlichen Isotopengemisches an K^{41}, mit c'_{41} den des angereicherten Gemisches und mit ε_{41} die relative Anreicherung, so gilt $c'_{41} = c_{41}\,(1 + \varepsilon_{41})$. Aus unseren Messungen ergibt sich für $\varepsilon_{41} = 8{,}7 \pm 1\,\%$, während sich entsprechend für K^{39} $\varepsilon_{39} = -0{,}62\,\%$ ergibt, also eine Abreicherung stattgefunden hat. Die relative Anreicherung des Isotops 40 kann im Falle der idealen Destillation in guter Näherung durch Interpolation zwischen diesen beiden Werten errechnet werden zu $\varepsilon_{40} = 4{,}0 \pm 0{,}5\,\%$. Dieser Wert ist in guter Übereinstimmung mit der früher gemessenen β-Aktivitätszunahme von $4{,}4 \pm 0{,}5$. Unsere Messungen können also als sichere Ergänzung dienen für die Zuordnung der natürlichen Radioaktivität des Kaliums zum Isotop K^{40}. Beide Atomgewichtswerte sind aus je 70 Einzelmessungen des Isotopenmischungsverhältnisses gewonnen. Die maximale Abweichung vom Mittelwert war bei keiner dieser Einzelmessungen größer als 1%. Die benötigten Substanzmengen waren sehr gering. Sie betrugen von jedem untersuchten Präparat weniger als 1 mg KCl.

Göttingen, Zweites Physikalisches Institut der Universität, den 21. März 1944.

W. PAUL. M. PAHL (z. Zt. bei der Wehrmacht).

[1]) MATTAUCH-FLÜGGE, Kernphysikalische Tabellen.

[2]) v. HEVESY u. LÖGSTRUP, Z. anorg. allg. Chemie 171, 1 (1928).

[3]) HÖNIGSCHMIDT u. GOUBEAU, Z. anorg. allg. Chemie 163, 93 (1927).

[4]) BAXTER u. C. ALTER, J. Amer. chem. Soc. 55, 3270 (1933).

[5]) M. BILTZ u. H. ZIERGERT, Physik. Z. 29, 197 (1928).

[6]) v. HEVESY, W. SEITH u. M. PAHL, Z. physik. Chem., Bodenstein-Festband 1931, 309.

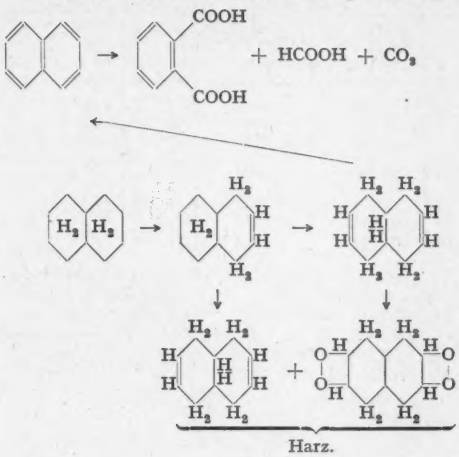
[7]) v. HEVESY, Naturwiss. 23, 583 (1935).

[8]) SMYTHE u. HEMMENDINGER, Physic. Rev. 51, 178 (1937).

Zum Oxydationsverhalten von Naphthenen.

Naphthenkohlenwasserstoffe kommen in allen Erdölen vor und können wohl als die wichtigsten Komponenten der Fraktionen aufgefaßt werden, die als Schmieröle Verwendung finden. Die bei der Erdölalterung bzw. Schmierölalterung auftretende Harzbildung dürfte daher in engem Zusammenhang mit der Naphthenoxydation stehen. Im Rahmen unserer Arbeiten über das Oxydationsverhalten von Schmierölkohlenwasserstoffen wurde daher auch das Oxydationsverhalten von Dekalin als Modellsubstanz eines einfachen Naphthenkohlenwasserstoffs untersucht. Die Oxydation wurde bei 120, 130, ~140 und 150° in einer Sauerstoffkreislaufapparatur[1]) durchgeführt, die die anfallenden flüchtigen und gasförmigen Oxydationsprodukte vom Hauptprodukt getrennt aufzufangen gestattete. Der zeitliche Verlauf der Oxydation wurde an Hand der aufgenommenen Sauerstoffmenge kontrolliert. Die Sauerstoffaufnahme A erfolgt nach einer Induktionsperiode, deren Dauer mit steigender Temperatur abnimmt und linear in Analogie zum Oxydationsverhalten der Paraffinkohlenwasserstoffe. Bei 120° gilt: $A = 172\,z - 600$ ($z > 5$ Std.). Der Temperaturkoeffizient beträgt zwischen 120 und 130° 2,64, zwischen 130 und 140° 2,18. Als Oxydationsprodukte wurden erhalten: 1. gasförmige: CO_2, CO und H_2; 2. flüchtige: HCOOH, Naphthalin, H_2O; 3. nichtflüchtige: Phthalsäure, Öl und Harz, wobei Öl und Harz sich in erster Linie gebildet hatten.

Letzteres ist für die Verharzungserscheinungen der Schmieröle von besonderer Bedeutung. Öl und Harz (durch Mikrovakuumdestillation getrennt) besitzen etwa dieselbe Zusammensetzung; für das Harz 70,42% C; 8,65% H und 20,93 O; entsprechend einer ungefähren Summenformel $C_{10}H_{14'6}O_{2'2}$. Es dürfte sich bei dem Harz um ein Mischpolymerisat zwischen Hexalin und einem Hexalinperoxyd handeln oder um das Kondensationsprodukt eines Dekalin-Dihydroperoxyds. Summarisch läßt sich der Oxydationsverlauf wie folgt darstellen:



Posen, Institut für anorganische Chemie und chemische Technologie der Reichsuniversität, den 31. März 1944.

C. KRÖGER. K. STRÜBER.

[1]) Vgl. C. KRÖGER u. A. KALLER, Öl und Kohle 39, 669 (1943).

Das Elektronenlinienspektrum des Elements 93. 2. Mitteilung.

In Fortsetzung der unter dem 25. Januar veröffentlichten Mitteilung[1]) hatten wir nunmehr Gelegenheit, 500 g einer ätherischen Uranylnitratlösung mit einer intensiven Neutronenquelle zu bestrahlen und aus der Lösung ein stärkeres Präparat des Elements 93 zu gewinnen. Das Präparat wurde nach einer von H. GÖTTE[2]) ausprobierten Methode dargestellt. Nach der Abtrennung des Uran vom Element 93 durch Ausschütteln der Mischkristalle von Natrium-Uranylacetat mit einer Lösung von Benzoylaceton in Essigester, wobei das Uran in das organische Lösungsmittel und das Element 93 in die wässerige Lösung geht, wurde die wässerige Lösung

auf einem Porzellanschälchen eingedampft, mit konzentrierter Salpetersäure zur Entfernung organischer Reste abgeraucht und der Rückstand in wenig Wasser gelöst. Diese Lösung wurde nach Zusatz von Natriumacetat elektrolysiert und das Element 93 auf einem 0,3 mm starken Platindraht abgeschieden. Die Ausbeute betrug 50%. Mit diesem Präparat wurde das nachstehend in der Tabelle wiedergegebene Elektronenlinienspektrum aufgenommen.

Tabelle 1. Elektronenlinienspektrum des Elements 93.

Nr. der Linie	H.ϱ	Energie in KeV	Intensität	Ursprung: Linie	Ursprung: Schale	K_α- bzw. γ-Energie: in KeV	K_α- bzw. γ-Energie: Abweichung vom Mittelwert in Prozenten
1	2	3	4	5	6	7	8
1	970	74,6	mittelschw.	K_α	L	97,3	— 0,5
2	1050	86,2	mittel	γ_1	K	206,2	— 0,9
3	1090	92,4	schwach	K_α	M	98,3	+ 0,5
4	1164	105,0	stark	γ_2	K	225,0	— 0,4
5	1445	153,0	stark	γ_3	K	273,0	— 1,1
6	1615	186,9	mittelschw.	γ_1	$L_{\frac{3}{2}}$	209,6	+ 0,8
7	1696	203,5	mittel	γ_1	M_1	209,4	+ 0,7
				γ_2	L	226,2	+ 0,1
8	1774	221,6	schwach	γ_2	M	227,5	+ 0,7
9	1936	254,4	mittel	γ_3	L	277,1	+ 0,5
10	2010	271,0	schwach	γ_3	M	276,9	+ 0,4

Die bereits in der ersten Mitteilung aufgefundenen γ-Komponenten werden außer durch die K- und L-Linien auch noch durch die M-Linie gestützt (Ablösungsarbeit für die M-Schale des Elements 94 = = 5,87 KeV). Für die drei γ-Linien ergeben sich die Werte 208, 226 und 276 KeV.

Freiburg i. Br., Institut für kernphysikalische Meßmethoden, den 5. Mai 1944.

K. PHILIPP. J. RIEDHAMMER. M. WIEDEMANN.

[1]) K. PHILIPP u. J. RIEDHAMMER, Naturwiss. **32**, 216 (1944).

[2]) H. GÖTTE, Naturwiss. (im Druck).

Vergleich der chromosomenmutationsauslösenden Wirkung von Röntgenstrahlen und schnellen Neutronen bei Drosophila melanogaster.

Zur Klärung der Frage, ob Röntgenstrahlen und Neutronen sich hinsichtlich der Auslösung von Chromosomenmutationen unterschiedlich verhalten, bestimmten wir bei beiden Strahlenarten die Dosisproportionalitätskurven für Translokationen zwischen II. und III. Chromosom in reifen Spermien von Drosophila melanogaster. Bei der Bestrahlung mit schnellen Li + D-Neutronen wurde die Bestimmung der Neutronendosen in r-Einheiten-Äquivalenten nach der von K. G. ZIMMER angegebenen Methode[1]) mittels Aerion-Kondensatorkammern durchgeführt. Da bei den einzelnen Neutronenbestrahlungen die einander entsprechenden Dosen aus technischen Gründen etwas verschieden waren, berechneten wir unter Berücksichtigung der jeweiligen Anzahl untersuchter Gameten die in Tabelle 1 angegebenen Mittelwerte. Den Daten für Röntgenstrahlen liegt ein gegenüber einer früheren Mitteilung[2]) wesentlich erweitertes Material zugrunde.

Tabelle 1. Raten der II/III-Translokationen, ausgelöst durch Bestrahlung von Drosophila melanogaster-♂♂ mit schnellen Li + D-Neutronen und Röntgenstrahlen.

	Dosis in r	Zahl der untersuchten Gameten	Prozentsatz der beobachteten II/III-Translokationen
Neutronen	1050	3287	1,07 ± 0,18
	2160	3159	1,87 ± 0,24
	4480	2665	4,09 ± 0,38
Röntgenstrahlen	1000	6016	1,33 ± 0,15
	2000	5775	3,79 ± 0,25
	4000	10223	11,09 ± 0,30

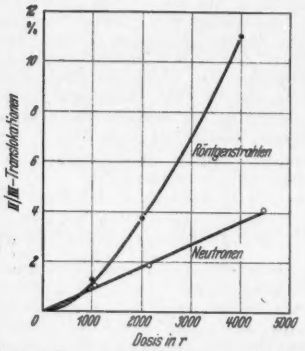


Fig. 1. Dosisabhängigkeit der II/III-Translokationen bei Röntgenstrahlen und schnellen Li + D-Neutronen.

Die unterschiedliche Wirkung der Röntgenstrahlen und Neutronen betrifft: 1. *die absolute Wirksamkeit*, die bei Neutronen wesentlich geringer ist als bei Röntgenstrahlen, 2. die Form der Dosisproportionalitätskurve, d. h. die *Trefferzahl*. Während für Röntgenstrahlen — wie aus Fig. 1 ersichtlich — die Dosisproportionalitätskurve allgemein den Charakter einer Mehrtrefferkurve aufweist und sich durch $T = c \cdot D^{1,5}$ (T = Translokationsrate, D = Bestrahlungsdosis, c = Konstante) wiedergeben läßt, liegt dagegen bei den Neutronen eine annähernd lineare Beziehung zwischen T und D, d. h. eine Eintrefferkurve vor.

Die auch an pflanzlichen Untersuchungsobjekten[3]) festgestellte Änderung der Trefferzahl kann auf die größere Ionisationsdichte der Neutronenstrahlung und die dadurch bedingte geänderte Bruchverteilung zurückgeführt werden. Dagegen liegt ein Widerspruch zwischen den an botanischem Material einerseits und an Drosophila andererseits gewonnenen Versuchsergebnissen insofern vor, als bei ersterem Neutronen sich absolut wirksamer als Röntgenstrahlen erwiesen haben, während bei Drosophila nach unseren Untersuchungen und denen von EBERHARDT[4]) das Gegenteil der Fall ist, und somit ähnliche Verhältnisse wie bei den Punktmutationen[5]) vorliegen. Eine Stellungnahme hierzu sowie zu der Frage des primären Treffer-

ereignisses wird nach Vorliegen weiteren Versuchsmaterials erfolgen.

Berlin-Buch, Genetische Abteilung des Kaiser Wilhelm-Instituts, und Berlin-Zehlendorf, Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost, den 6. Juni 1944.

A. CATSCH. O. PETER. P. WELT.

[1]) K. G. ZIMMER, Strahlenther. 63 (1938). — Physik. Z. 42 (1941).

[2]) A. CATSCH, GH. RADU u. A. KANELLIS, Naturwiss. 31, 368 (1943).

[3]) N. GILES, J. appl. Physics 12 (1941). — A. MARSHAK, Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. (Am.) 41 (1939). — J. M. THODAY, J. Genet. 43 (1942).

[4]) K. EBERHARDT, Naturwiss. 31, 23 (1943).

[5]) N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY u. K. G. ZIMMER, Naturwiss. 26 (1938). — K. G. ZIMMER u. N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, Strahlenther. 63 (1938).

Befruchtungsstoffe (Gamone) bei Fischen (Regenbogenforelle).

In mehreren früheren Arbeiten hatten HARTMANN, KUHN, SCHARTAU und WALLENFELS[1]) den Nachweis erbracht, daß bei den Seeigeln hormonartige Wirkstoffe (von uns *Gamone* genannt) vorkommen, von deren Vorhandensein in bestimmtem Mengenverhältnis der Erfolg der Befruchtung abhängt. Es konnten zwei weibliche und zwei männliche Gamone fetsgestellt werden, die sich gegenseitig neutralisieren. Schon in der zweiten Arbeit hatten wir die Meinung ausgesprochen, daß in Anbetracht des weitverbreiteten Vorkommens von Gamonen bei Algen, Pilzen und verschiedenen wirbellosen Tieren ganz allgemein die Befruchtungsvorgänge durch derartige Stoffe zustande kommen. Nachdem mein Mitarbeiter Graf MEDEM[2]) für verschiedene Muscheln und Schnecken, deren Eisekretwasser keine agglutinierende Wirkung aufwies, also scheinbar kein weibliches Gynogamon II vorhanden war, auf indirektem Wege zeigen konnte, daß auch hier wie bei Seeigeln vier verschiedene Gamone wirksam sind, zwei weibliche Gyno- und zwei männliche Androgamone, die sich gegenseitig neutralisieren, und SCHARTAU und MONTALENTI[3]) auch für ein primitives Wirbeltier, das Neunauge *Petromyzon fluviatilis*, die entsprechenden vier Gamone nachwiesen, lag die Annahme nahe, daß allen Metazoen, auch den Wirbeltieren, vier derartige Gamone zukämen. Im April hatte ich Gelegenheit, in einer Fischzuchtanstalt in Scheidegg im Allgäu laichfreie Regenbogenforellen *(Salmo irideus)* zu untersuchen und fand dabei die Annahme für diese Fische bestätigt.

Die Eier und Samen wurden den laichreifen Fischen durch Streichen in trockenen Schalen entnommen. Die stark gelbrot gefärbten Eier sind von einer breiten Gallertzone umgeben, die nach außen durch eine derbe Haut begrenzt ist. Die Spermien sind in ihrer eigenen beim Streifen mitentleerten Flüssigkeit (sog. Trockensperma) unbeweglich und geraten erst bei Zusatz von Teichwasser oder Ringerlösung in lebhafte Bewegung. Doch hält dieselbe nur den Bruchteil einer Minute an, und das einmal beweglich gewordene Sperma kann dann weiterhin nicht mehr zur Bewegung gebracht werden. Auch in Eisekretwasser wird das Trockensperma sehr stark beweglich. Fügt man Spermien, die kurz zuvor in Teichwasser gebracht wurden, noch Eisekretwasser hinzu, so wird die Beweglichkeit sichtbar verstärkt. Doch hält sie auch hier nur sehr kurz an. Im Eisekretwasser ist also das aktivierende Gynogamon I enthalten. Äußerst stark ist die gleichzeitig auftretende agglutinierende Wirkung des Eisekretwassers (Gynogamon II). Die Verhältnisse entsprechen hier ganz denen, die SCHARTAU und MONTALENTI für *Petromyzon* beschrieben haben.

Auch die beiden männlichen Gamone ließen sich bei den Regenbogenforellen nachweisen. Bei der kurzen Dauer der Beweglichkeit der Forellenspermien war der Nachweis einer lähmenden Wirkung eines Spermaextraktes oder -filtrates auf die eigenen Spermien nicht möglich. Auch eine direkt die Eigallerte lösende Wirkung des zweiten männlichen Gamons ließ sich hier nicht feststellen, wohl infolge der sehr derben äußeren Haut der Eigallerte. Dagegen ließ sich auf indirektem Wege das Vorkommen zweier männlichen Gamone bei den Forellen zeigen. Mischt man nämlich starkes Eisekretwasser (1:5) mit einem Spermaextrakt (Trockensperma mit wenig Wasser aufgekocht und filtriert) und bringt in diese Mischung Trockensperma, so unterbleibt sowohl die Aktivation wie die Agglutination der Spermien. In dem Spermaextrakt befindet sich mithin genau so, wie das von uns für Echinodermen, Mollusken und das Neunauge nachgewiesen wurde, sowohl ein Stoff, der die aktivierende Wirkung des Gynogamon I neutralisiert, also das Androgamon I, wie ein Stoff, der die agglutinierende Wirkung des Gynogamon II aufhebt, das Androgamon II. Mithin sind auch bei Fischen die entsprechenden vier Gamone, zwei weibliche und zwei männliche, vorhanden.

Buchenbühl bei Weiler im Allgäu, den 22. Juni 1944. MAX HARTMANN.

[1]) Zusammenfassende Darstellung der Befunde siehe M. HARTMANN: Die Befruchtungsstoffe (Gamone) der Seeigel. Naturwiss., 28. Jahrg., S. 807—813, 1940.

[2]) F. Graf VON MEDEM, Beiträge zur Frage der Befruchtungsstoffe bei marinen Mollusken. Biol. Zbl. 62, 431—446 (1942).

[3]) O. SCHARTAU und G. MONTALENTI, Untersuchungen über die Befruchtung, insbesondere über Gamone bei dem Flußneunauge (Lampetra fluviatilis L.). Biol. Z. 61, 473—478 (1941).

Über die Quellung und ihre Präzisionsmessung im erweiterten Temperaturbereich.

Zur Messung der Quellung, der Volumzunahme eines festen Stoffes unter Einfluß einer Flüssigkeit, dient das ursprünglich von PAWLOW[1]) angegebene Verfahren. Dies gestattet das Arbeiten nur bei Temperaturen unter dem Siedepunkt, die Ausführung dauert ziemlich lange und ist höchst ungenau.

Auf Grund von Erfahrungen bei unseren katalytischen Versuchen habe ich und mein Mitarbeiter L. KÉKEDY eine Methode ausgearbeitet, die nicht nur eine viel genauere und schnellere Messung der Quellung, sondern auch das Arbeiten bei Temperaturen weit über dem Siedepunkt der Versuchsflüssigkeit ermöglicht. Die Dämpfe quellen ebenso wie die flüssigen Medien selbst.

Das Prinzip unserer Methode gründet sich auf das POISEUILLEsche Gesetz. Durch ein Rohr, in das Versuchsmaterial eingestopft ist, strömt ein konstanter Strom von Stickstoff. Dabei wird der Druck im Apparat ermittelt (P_0). Wenn dann ein Teil des Stickstoffes im strömenden Gas durch den Dampf

der Versuchsflüssigkeit ersetzt wird, beginnt die Quellung, und der Druck steigt in der Apparatur (P_1).

Man mißt die relative Quellung $\frac{P_1 - P_0}{P_0}$, deren vierte Wurzel als annäherndes Maß für die lineare Ausdehnung der Versuchspartikel gilt.

Da die Volumenzunahme, d. h. der Druckanstieg, stetig erfolgt und auch zu beobachten ist, haben wir die Quellgeschwindigkeit bei verschiedenen Temperaturen ermittelt und die Ordnung der Quellgeschwindigkeit sowie die dazu gehörige Aktivierungswärme berechnet. Im Falle einer aktiven Kohle und Methylalkohol schwankt die erstere zwischen nullter und erster Ordnung, die Aktivierungswärme ist fast Null.

Die Größe der Quellung sinkt mit steigender Temperatur. Die erhaltene Temperatur-Quellungs-Kurve ist ähnlich wie die der Temperatur-Adsorption. Während aber die Adsorption beim Erwärmen erst sinkt und nach einem Minimum wieder zuzunehmen beginnt, im Bereich der aktivierten Adsorption, war eine „aktivierte" Quellung bei uns nicht zu finden.

Auf die Größe der Quellung übt das Dipolmoment der Quellflüssigkeit einen ausschlaggebenden Einfluß aus.

Das Adsorptionsvermögen der untersuchten aktiven Kohle wurde durch ihr Methylenblautiter bestimmt. Aus diesen Messungen ergab sich, daß die Adsorptions- und Quellungsfähigkeit keine parallel verlaufenden Erscheinungen sind.

Eine ausführliche Mitteilung erscheint in der Kolloidzeitschrift.

Koloszvár (Ungarn), Institut für anorganische und analytische Chemie an der Universität, den 30. Juni 1944. Z. SZABÓ.

[1]) P. N. PAWLOW, Kolloid-Z. 42, 112 (1927).

Die Anwendung der Koinzidenzmethode zur Messung der Absorption primärer β-Strahlen.

L. MEITNER[1]) hat kürzlich in einer Arbeit gezeigt, inwieweit die Messung der maximalen Energie von β-Strahlen nach der Absorptionsmethode durch den Sekundärelektronenanteil verfälscht werden kann, den eine den β-Zerfall begleitende γ-Strahlung bedingt. So wird eine größere Reichweite der primären β-Strahlen vorgetäuscht, wenn die Energie der γ-Strahlen größer als die maximale Energie der primären β-Strahlen ist und die Absorberstellung einen stärkeren Sekundärelektronenanteil bewirkt. In Anlehnung an die Arbeit von L. MEITNER wurde mit der Koinzidenzmethode eine wesentliche Verbesserung der Aufnahmetechnik primärer β-Absorptionskurven erzielt, die nunmehr beim Vorliegen dünner Präparatschichten unmittelbar die richtige Halbwertsdicke des betreffenden Strahlers abzulesen gestattet, was sonst erst nach Abzug des mehr oder minder verfälschten γ-Untergrundes geschehen kann. Fig. 1 zeigt die Zählrohr-Absorber-Präparat-Anordnung und die beim 44-Stunden-Lanthan-Isotop erhaltenen primären β-Absorptionskurven.

Je nach der Absorberstellung (I, II oder III) werden verschiedene β-Absorptionskurven erhalten, die sich wesentlich voneinander in Form und im jeweiligen γ-Untergrund unterscheiden. In Stellung I, der günstigsten, wird der von γ-Strahlung aus dem Al-Absorber ausgelöste Sekundärelektronenanteil nur ZR 2 passieren und somit keine zusätzliche Koinzidenz verursachen können. In Stellung II aber macht sich der zusätzliche sekundäre Koinzidenzanteil schon genügend bemerkbar, der in Stellung III durch einen bereits ∼ 10mal größeren γ-Untergrund noch deutlicher hervortritt. Man ersieht daraus, daß Intensitätsabschätzungen $J\beta : J\gamma$ einer kritischen Betrachtung unterzogen werden müssen. Es ergeben sich nach den in Fig. 1 gemessenen Werten folgende Verhältniszahlen:

Stellung	I	II	III
$J\beta : J\gamma$	∼ 200	∼ 44	∼ 24

Natürlich läßt sich die Koinzidenzmethode auch besonders vorteilhaft zur Messung der Absorption der γ-Strahlen verwenden. Zu diesem Zweck stellt

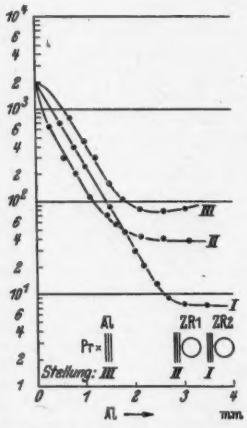


Fig. 1. Absorptionskurven der primären β-Strahlen des 44-Stunden-La mittels Koinzidenzen.

man zwischen den beiden Zählrohren einen der maximalen β-Energie der Sekundärelektronen entsprechenden Al-Absorber und bringt hierauf die γ-Strahlung durch Einschieben von Absorbern zwischen ZR I und γ-Strahler zur Absorption.

Die vorliegende Arbeit wurde im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem ausgeführt. Ich danke Herrn Prof. Dr. K. PHILIPP für das fördernde Interesse bei der Durchführung der Arbeit.

Freiburg/Br., Institut für kernphysikalische Meßmethoden, den 1. Juli 1944. J. RIEDHAMMER.

[1]) L. MEITNER, Arkiv för Mathematik, Astronomi och Fysik. 29/A N 17 (1943).

Hemmung und Enthemmung eines Ferments durch Biokolloide.

Aus dem Tierkörper lassen sich zwei Substanzen gewinnen, die noch in der Verdünnung 1 : 1 000 000 die Wirkung von Phosphatase beeinflussen. Die eine Substanz hemmt, die andere hebt die Hemmung auf.

Die Substanz H gewinnen wir aus tuberkulösem Käse vom Rind; doch kann sie nicht als spezifisch

Tabelle 1. Versuch vom 20. April 1944.

Zusätze im Reaktionsansatz von 2,5 ccm.

4,1 γ Ferment	4,1 γ Ferment 3,5 γ Substanz H	4,1 γ Ferment 3,5 γ Substanz H 3,3 γ Substanz E
Aus Glycerinphosphorsäure abgespaltene Phosphorsäure.		
215 γ	88 γ	210 γ

für dieses Material angesehen werden. Sie ist thermostabil, hochmolekular und mit Aceton fällbar; bei der Reinigung durch Dialyse erleidet sie keinen Wirkungsverlust.

Die Substanz E hat Globulinnatur; wir fanden sie in wässerigen Extrakten aus Lunge und Niere.

Eine ausführliche Mitteilung wird in der Zeitschrift für physiologische Chemie erscheinen.

Tübingen, Physiologisch-Chemisches Institut der Universität, den 9. Juli 1944. P. OHLMEYER.

Besprechungen.

VÖGT, H., **Aufbau und Entwicklung der Sterne** (Probleme der kosmischen Physik, Bd. XXIV). Leipzig: Akad. Verlagsges. Becker & Erler Kom.-Ges. 1943. 183 S., 16 Abbild. i. Text. Preis geb. RM 18,—.

Seit der Übersetzung des EDDINGTONschen Buches über den inneren Aufbau der Sterne vom Jahre 1928 und dem nur wenig jüngeren knappen Abriß von ROSSELAND von 1931 ist keine geschlossene buchmäßige Darstellung dieses inzwischen geradezu klassisch gewordenen Gebietes der Astrophysik mehr in deutscher Sprache erschienen. Der Ausbau der Theorie seit EDDINGTON, der während des Erscheinens der einschlägigen Artikel des Handbuches der Astrophysik voll im Fluß war, bis 1937 ist noch einmal zusammenfassend von B. STRÖMGREN im XVI. Band der Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften behandelt worden. Nachdem inzwischen die Sternatmosphären durch UNSÖLD ihre vorbildlich erschöpfende Behandlung gefunden haben, hat sich nun H. VOGT der Aufgabe unterzogen, in einem Bändchen der verdienstvollen Sammlung „Kosmische Physik", deren Herausgabe ihm nach CHR. JENSENS Tod zusammen mit F. LINKE obliegt, einen „Überblick über den gegenwärtigen Stand der Probleme, die mit dem Sternaufbau und der Sternentwicklung zusammenhängen", zu geben.

Auf knapp 180 Seiten darf man selbstverständlich keine Vollständigkeit in der Darstellung erwarten und wird dem Verfasser gern zubilligen, daß er den Leser häufig auf die Originalarbeiten verweist. Innerhalb des dadurch gesteckten Rahmens werden aber die einschlägigen Fragen fast alle zum mindesten angeschnitten. In der Darstellung lehnt sich VOGT vielfach eng an seine eigenen früheren Veröffentlichungen an unter starker Betonung der Folgerungen aus der Annahme der Homologie der Sterne. Das gibt dem Buch seine besondere Note.

In den ersten Kapiteln werden die allgemeinen Grundlagen entwickelt, zu denen vor allem Betrachtungen über die Eigenschaften der Materie im Sterninnern — Molekulargewicht, Ionisation, Opazität — und über die Art des Energietransportes — Leitung, Konvektion, Strahlung — gehören. In dem 8. Kapitel: „Die Energiequellen der Sterne" haben die neueren Untersuchungen über Kernreaktionen Aufnahme gefunden; vor allem der C-N-Zyklus von v. WEIZSÄCKER und BETHE. Im 10. Kapitel: „Konvektion im Sterninnern" werden die wesentlichen Erweiterungen abgehandelt, welche die ursprüngliche EDDINGTONsche Theorie des reinen Strahlungsgleichgewichtes durch Einbeziehung des Energietransportes durch Konvektion erfahren hat. Den Fragen nach den der Wirklichkeit entsprechenden Sternmodellen sind die Kapitel 9: „EDDINGTONsches Modell und Punktquellenmodell" und 11: „Allgemeines Sternmodell" gewidmet. Hier macht sich die eigenartige Auffassung des Verfassers besonders bemerkbar; die EMDENsche Differentialgleichung der polytropen Gaskugel, die bei EDDINGTON, MILNE und CHANDRASEKHAR eine so große Rolle spielt, wird überhaupt nicht erwähnt. Dementsprechend wird auch auf die von MILNE und im Anschluß an ihn durchgeführten Untersuchungen über die Lösungstypen dieser Differentialgleichung mit keinem Wort eingegangen, obwohl der „Polytropenindex" zur Charakterisierung des Sternmodells an verschiedenen Stellen benutzt wird. Das Wesentliche über die weißen Zwerge bringt das 12. Kapitel in Anlehnung an CHANDRASEKHAR. Die drei folgenden Kapitel besprechen Viskosität und Stabilität, Pulsationen, Rotation und Gezeitenwirkungen.

In dem an den Schluß gesetzten Kapitel 16: „Die chemische Zusammensetzung der Sterne, Sternentwicklung" wird im Zusammenhang mit den Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung, deren Konstanz oder räumliche und zeitliche Verschiedenheit die Frage nach der Entwicklung der Sterne nur ganz kurz gestreift. Vielleicht ließe sich bei aller Zurückhaltung, die gegenüber kosmogonischen Spekulationen geboten ist, heute doch schon etwas mehr über die mutmaßliche Entwicklung der Sterne aussagen, als auf den letzten eineinhalb Seiten des vorliegenden Buches steht. Andernfalls wäre es wohl besser gewesen, in dem Leser nicht durch die Aufnahme des Stichwortes „Entwicklung" sogar in den Titel des Buches unerfüllbare Hoffnungen zu erwecken.

Das vorliegende Bändchen reiht sich seinen Vorgängern in der Sammlung würdig an und wird sicher belehrend und anregend wirken, gerade durch die Eigenwilligkeit der Darstellung.

H. KIENLE, Potsdam.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den Siemens-Werken. Hrsg. von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten der Siemens-Werke. Bd. XXI, Heft 1—2. Berlin: Springer-Verlag 1942/43; Heft 1: IV, 139 S. und 127 Abbild. Preis brosch. RM 10,—; Heft 2: VII, III, 252 S. und 203 Abbild. Preis brosch. RM 18,80.

Der Ende 1942 abgeschlossene, jetzt vorliegende neue Band XXI der wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus den Siemens-Werken bringt trotz des Krieges wieder in zwei Heften eine Reihe interessanter Forschungsarbeiten aus den verschiedensten Gebieten von Physik und Technik.

Die beiden ersten Aufsätze im ersten Heft sind der 75. Wiederkehr des Geburtstages der Dynamomaschine gewidmet, jenes 17. Januar 1867, an dem Werner von Siemens der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin seine Arbeit über das

dynamoelektrische Prinzip vorlegte. Ein Aufsatz von F. HEINTZENBERG über „Das erste Jahrzehnt der Dynamomaschine" gibt einen Überblick über die Vorgeschichte der Dynamomaschine, schildert den Gedankengang, der Werner von Siemens zur Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips führte, und beschreibt an Hand von Originalabbildungen die erste konstruktive Durchbildung der Dynamomaschine durch Friedrich von Hefner-Alteneck. Über „Die ersten fündundzwanzig Jahre in Theorie und Berechnung der Dynamomaschine" berichtet ausführlich C. TRETTIN. Die weiteren Arbeiten betreffen durchweg Probleme der Starkstromtechnik. In der Arbeit „Ausgleichsvorgänge in Synchronmaschinen bei plötzlichen Blindlaständerungen" behandelt J. TITTEL die Wirkung von Dämpferwicklungen, lamellierten und massiven Polen auf das Verhalten von Synchronmaschinen bei Laständerungen. In der folgenden Arbeit: „Die Rückwirkung der Anlaufströme von Asynchron- und Synchronmotoren auf die Netzspannung" gibt H. RAYMUND ein Verfahren an, die durch die Anlaufströme großer Motore verursachten Spannungsabsenkungen im Netz schon bei der Planung der Anlage zu ermitteln; außerdem wird der Spannungsverlauf normaler Generatoren während des Motoranlaufs festgestellt. Eine gleichfalls theoretische Arbeit von A. WIENHARD behandelt „Das Stromdiagramm der Asynchronmaschine bei Speisung mit niedriger Frequenz". Die letzte Arbeit im ersten Heft „Über die 50%-Überschlagstoßspannung wechselspannungserregter Schutzfunkenstrecken" von R. STRIGEL bringt experimentelle Ergebnisse über die Abhängigkeit der Überschlagstoßspannungen von der Phasenlage der erregenden Wechselspannung und klärt den Einfluß der Raumladungserscheinungen auf den Überschlag der Schutzfunkenstrecke.

Dem zweiten Heft, das zwölf weitere Arbeiten enthält, geht voraus ein Beitrag, der dem 70. Geburtstag von Professor Dr. ROBERT FELLINGER gewidmet ist, der als langjähriger Mitarbeiter der Siemens-Werke zugleich Hauptschriftleiter und Betreuer der vorliegenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen ist. Eine ausführliche Arbeit von H. MEHLHORN: „Über die Greinacher-Ventilvervielfachungsschaltung und ihre Verwendung zur Erzeugung hoher Gleichspannung" untersucht theoretisch die in einer solchen Anlage sich abspielenden Vorgänge, die durch experimentell gewonnene Meßwerte bestätigt werden. Der folgende Beitrag von W. GEYGER: „Ein hochempfindlicher magnetischer Nullstromverstärker für die Meß- und Regeltechnik" beschreibt im Anschluß an frühere, in den beiden vorangehenden Bänden veröffentlichten Arbeiten einen besonders hochempfindlichen magnetischen Nullstromverstärker mit großer Nullpunktsicherheit, der für die Verwendung in sich selbsttätig abgleichenden Meßbrücken und Kompensatoren usw. gut geeignet ist. Über „Untersuchungen an Verstärkerpenthoden zur Beurteilung der nichtlinearen Verzerrungen" berichtet eine theoretische und experimentelle Arbeit von H. HOLZWARTH. Eine sehr eingehende experimentelle Arbeit von F. LIEBSCHER: „Über die elektrischen Verluste und die Kurvenform der Ströme in geschichteten Isolierstoffen bei hohen Wechselfeldstärken von 50 Hz" bringt interessante und für das Studium und die Erforschung der elektrischen Vorgänge in Isolierstoffen wichtige Erkenntnisse. Ein Beitrag von W. SCHEURING: „Rechnerische Untersuchungen des Parallellaufes von Gleichstrom-Doppelschlußgeneratoren" liefert neue Berechnungsgrundlagen für die Parallellauf-Kennziffern von Gleichstromgeneratoren. Die folgende Arbeit von A. TIMASCHEFF: „Zur Theorie der Stützschaltung für Erregerumformer" bringt einen bemerkenswerten Beitrag zur Theorie dieser Umformer. Im Anschluß an frühere an dieser Stelle veröffentlichte Arbeiten untersucht R. STRIGEL in einem kurzen Beitrag: „Die dielektrische Festigkeit von Anordnungen des Spitzenfeldes bei größeren Schlagweiten unter Öl". In einer Arbeit von J. PACHNER: „Genaue Untersuchung der Strom- und Spannungsverhältnisse in gittergesteuerten Gleichrichtern und netzerregten Wechselrichtern I" werden die für die Berechnung solcher Stromrichter wichtigen Formeln für zwölf am häufigsten gebrauchte Schaltungen abgeleitet. Von M. BOSCH werden über „Die Steuerbedingungen eines Umrichters für Drehstrom-Einphasen-Netzkupplung" theoretische Betrachtungen angestellt, die für die moderne Regelungstechnik wichtig sind. Eine experimentelle Arbeit von F. PATZELT und K. BALDEWEIN über „Den positiven Krater des Kohlebogens als Leuchtdichte- und Temperaturnormal" liefert verschiedene für den Lichttechniker wichtige Ergebnisse und zeigt, daß ein zwischen hochgereinigten Elektrographitstäben brennender Lichtbogen als Strahlungsnormal verwendbar ist. In das Gebiet der Werkstoffprüfung führt eine Arbeit von R. LIEBOLD: „Zur Bestimmung des Elastizitäts- und Gleitmoduls mit dem Doppelpendelverfahren nach P. LE ROLLAND und P. SORIN" und gibt auf Grund rechnerischer Ergebnisse die zweckmäßigste Form dieses wertvollen Meßgerätes an. Abgeschlossen wird das Heft durch eine Arbeit von O. MARTIN: „Ein Iterationsverfahren zur graphischen Lösung von Regelungsaufgaben".

Zusammenfassend ist zu sagen, daß auch der neue Band wieder eine Fülle wertvoller wissenschaftlicher Ergebnisse bringt, die beweisen, daß auch weiterhin trotz des Krieges die deutsche Wissenschaft produktiv tätig ist. Die drucktechnische Ausstattung des Bandes und die Wiedergabe der zahlreichen Diagramme und Bilder ist so gut wie friedensmäßig.

L. BERGMANN, Breslau.

NODDACK, IDA, **Entwicklung und Aufbau der chemischen Wissenschaft** (Wissenschaftskunde in Einzeldarstellungen, hrsg. von WOLFGANG STRAUSS und FERDINAND SCHULZ, Heft 1). Freiburg Brsg.: Hans Ferdinand Schulz 1942. 51 S. Preis kart. RM. 2,—.

Der Titel der Schriftenreihe wird vom Herausgeber geschickt interpretiert: Sie soll beim Nichtfachmann Verständnis erwecken für das Gefüge der verschiedenen Wissenschaften, unter klarer Bezeichnung des Wesentlichen, ohne gelehrte Einzelheiten ... Für solche Hinweise besteht zweifellos Bedürfnis; sie dem Publikum der Laien ebenso wie dem vor der Berufswahl stehenden Abiturienten in geschickter und klarer Form zu übermitteln, wäre außerordentlich begrüßenswert, denn die Unkenntnis weitester Kreise ist oft erschütternd. Ob allerdings Frau NODDACK bei ihrem Versuch eine glückliche Hand gehabt hat und die Wünsche der Herausgeber wirklich erfüllte, läßt sich meines Erachtens bezweifeln. Abgesehen vom Anlaß dieses Zweifels hätten gewisse Trivialitäten und Längen vermieden werden müssen. Auf eine Anzahl unklarer oder recht anfechtbarer Definitionen sei nicht einzeln eingegangen.

Das Büchlein zerfällt in sehr ungleiche Abschnitte: Inhalt und Ziele, Geschichte, Einteilung, Schrifttum, Bedeutung.

Glücklich und klar scheinen Inhalt und Ziele dargestellt. Die Abgrenzung gegenüber der Physik wird durch die Ausdrücke „Stoff" bzw. „Eigenschaft" prägnant gekennnzeichnet. Erstaunlich ist aber, daß die Verfasserin gar nicht auf andere Nachbarwissenschaften eingeht. Mineralogie und Geologie beschäftigen sich doch auch mit dem „Stoff" und gerade aus ihrem Bereich werden Beispiele vielfach herangezogen, wie ja denn Frau NODDACK erfolgreich in Grenzgebieten zu diesen Wissenschaften gearbeitet hat. Trotzdem werden sie überhaupt nicht (oder in ganz nebensächlichem Zusammenhang) genannt. Staunen wird man auch, daß die Begriffe Kristallographie und Kristallchemie mit keinem (oder gerade *einem* Wort) erscheinen! Gegenüber der Breite, mit der manche historisch ganz interessante, aber eben doch gänzlich verfehlte Theorien und Hypothesen im historischen Teil erscheinen, aber auch gegenüber dem Raum, den im Abschnitt „Einteilung" die organische und anorganische Chemie einnehmen, ist die „Physikalische Chemie" mit eineinhalb Seiten doch recht stiefmütterlich weggekommen. „Ein kurzer geschichtlicher Rückblick ist förderlich" sagt der Herausgeber, und jeder wird ihm zustimmen — aber die großen Zusammenhänge und Verflechtungen, die der Chemie für die Wissenschaft (wie auch die menschliche Zivilisation) eine so wichtige Schlüsselstellung zuweisen — von der Biologie und Medizin, über Metallurgie, chemische Technologie und Bodenkunde, weiter zur Mineralogie, Geologie, ja Astronomie — darzulegen, in einfachen Worten, aber in moderner Auffassung. würde doch wohl dem Leserkreis (Abiturienten vor der Berufswahl sind ausdrücklich genannt!) mehr dienen als z. B. Ausführungen über „Stein der Weisen" und Anschauungen der Jatrochemie, die er leichter dem Konversationslexikon oder neuerdings dem Kino (Paracelsusfilm) entnimmt.

Referent ist sich der Schwierigkeit wohl bewußt, die in der Herausgabe eines solchen Bändchens liegt — es wird nie möglich sein, es jedem recht zu machen! Er fühlt sich aber als Vertreter eines in diesem Heft erstaunlicherweise besonders stiefmütterlich behandelten Faches verpflichtet, mit seiner Meinung nicht hinter dem Berge zu halten. In einer Wissenschaftskunde sollte zu allererst gezeigt werden, daß es nur *eine* Wissenschaft gibt und daß der einzelne *Teil* ein organischer Bestandteil des ganzen Organismus ist — entscheidend wichtig für dessen Leben, aber losgelöst für sich ebenfalls lebensunfähig.

RAMDOHR.

Chemie und Technologie der Kunststoffe. Hrsg. v. R. HOUWINK. 2. verb. u. erw. Auflage. Bd. I: **Chemische und physikalische Grundlagen sowie Prüfungsmethoden.** Bearb. v. G. BANDEL, A. V. BLOM, P. HOUWINK u. a. XIV, 494 S., 277 Abbild. Preis RM 28,—, geb. RM 30,—. Bd. II: **Herstellungsmethoden und Eigenschaften.** Bearb. v. A. V. BLOM, H. L. BREDÉE, K. FREY u. a. X, 448 S., 140 Abbild. Preis RM 24,—, geb. RM 26,—. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1942.

Die „Chemie und Technologie der Kunststoffe" von HOUWINK wurde vor vier Jahren bei ihrem erstmaligem Erscheinen in dieser Zeitschrift schon einmal besprochen (s. Naturwiss. 1940, 111). Die allgemeine Zielsetzung des Werkes hat sich in der jetzt herausgekommenen 2. Auflage nicht geändert, so daß hier zunächst auf die erste Besprechung verwiesen werden kann. Die lebhafte Weiterentwicklung des behandelten Gegenstandes hat jedoch starke Ergänzungen sowie Umgestaltungen wesentlicher Abschnitte des Buches notwendig gemacht.

Nach außen hin gibt sich dies darin zu erkennen, daß der „*Houwink*" jetzt in 2 Bänden erscheint, die zusammen 275 Seiten mehr haben als der eine Band der I. Auflage. Jeder der beiden Teile ist in sich abgeschlossen. Der erste bringt jetzt „Chemische und Physikalische Grundlagen sowie Prüfungsmethoden", der zweite „Herstellungsmethoden und Eigenschaften".

Von den früher genannten 15 Verfassern sind in der 2. Auflage zwei, I. CRAIK und E. KONRAD, ausgeschieden. 4 Mitarbeiter — G. BONDEL, H. L. BREDÉE, L. KOLLEK und WILH. SCHAEFER — sind neu gewonnen worden.

Die Erweiterungen des Werkes betreffen Abschnitte über „Mechanische Verarbeitungsverfahren und Prüfung während der Fabrikation", „Typisierung und Normung von Kunststoffen", „die Wirtschaftslage der Industrie der Kunststoffe" im 1. Band, „Polyamide" und „Kunststoffe auf der Grundlage von Kautschuk" im 2. Band. Im Rahmen der Kunststoffe auf Cellulosebasis werden jetzt auch die Kunstfäden ausführlich besprochen. Neu aufgenommen sind ferner die Melaminharze, die Ionenaustauscher aus Kunstharzen, völlig umgestaltet und erweitert wurde der Artikel über „Synthetische Kautschukarten". Das sind nur einige der wichtigsten Änderungen.

Das Buch gibt einen ausgezeichneten Einblick in die allgemeinen wissenschaftlichen Grundlagen der Kunststoffchemie. Es unterrichtet weiter über die große stoffliche Mannigfaltigkeit des Gebietes, und es macht auch den Nichtfachmann bekannt mit den für Verarbeitung und Prüfung der Kunststoffe charakteristischen besonderen Methoden.

Das Buch lehrt aber auch sehr eindrucksvoll, wie lebendig und entwicklungsfähig das Gebiet der Kunststoffe immer noch ist.

So wird das HOUWINKsche Werk auch in seiner neuen Gestalt unzweifelhaft sehr rasch seinen Weg zum Leser finden.

Als ganz besondere Leistung des Verlages muß noch die völlig friedensmäßige Ausstattung der beiden Bände hervorgehoben werden.

K. ZIEGLER, Halle a. d. S.

WEIBKE, FRIEDRICH, u. OSWALD KUBASCHEWSKI, **Thermochemie der Legierungen** (Reine und angewandte Metallkunde in Einzeldartellungen. Hrsg. v. W. KÖSTER, Bd. 10). Berlin: Springer-Verlag 1943. IX, 357 S., 161 Abbild. i. Text. Preis brosch. RM 36,—, geb. RM. 37,20.

Nach einer sehr klaren und eingehenden Darstellung der Methoden der Messung der Bildungswärmen von Legierungen, wobei auch die Fehlerquellen und Mängel der einzelnen Methoden erörtert werden, wird das Tatsachenmaterial wohl vollständig gebracht. In einem letzten Abschnitt werden die theoretischen Zusammenhänge zwischen den Wärmetönungen bei der Legierungsbildung und der Stellung der Partner im periodischen System, ihrer Edelkeit, den Volumenänderungen und den Entropieänderungen bei der Legierungsbildung erörtert. Ein kurzes Kapitel ist der Frage der Bedeutung thermochemischer Meßdaten für die Hüttenkunde gewidmet.

Die thermochemischen Verhältnisse in binären Systemen sind oft von großer Bedeutung für metallurgische Probleme, da sie als grobes Maß der Affini-

tät die Richtung der Ausscheidungsreaktionen vielfach entscheidend beeinflussen. Engere Zusammenhänge mit der Gestalt der Zustandsdiagramme, besonders in komplizierteren Fällen, sind jedoch bisher nicht gefunden worden. Es wäre hierzu wohl auch eine Verfeinerung der Meßmethodik erforderlich. Aber auch heute arbeitet man bereits an der Verknüpfung der Gestalt der Zustandsdiagramme mit ihren Bildungswärmen bzw. mit den zugehörigen Entropieänderungen.

In seiner Art ist das Buch von WEIBKE und KUBASCHEWSKI in seiner übersichtlichen und zuverlässigen Vermittlung des Tatsachenmaterials und seiner kritischen Stellungnahme dem bekannten Handbuch der Zweistofflegierungen von M. HANSEN an die Seite zu stellen. Damit ist es aber bereits als Berater und Wegweiser für den Fachmann bestens empfohlen. G. MASING.

GEIGER, RUDOLF, **Das Klima der bodennahen Luftschicht.** Ein Lehrbuch der Mikroklimatologie. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Sammlung „Die Wissenschaft", Bd. 78. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn 1942. XVI, 436 S. und 181 Abbild. Preis brosch. RM 18,—, geb. RM 20,—.

Mikroklimatische, die Physik des bodennahen Lebensraumes betreffende Betrachtungen waren der Meteorologie auch vor einem Säkulum, zur Zeit des Aufbaus der „Makroklimatologie", nicht gänzlich fremd, wie z. B. die Ausführungen ALEX. V. HUMBOLDTs über den Vorgang der nächtlichen Abkühlung in einer Waldregion (Ansichten der Natur, 3. Aufl., 1849, Anmerkung 18 zum Aufsatz „Über die Steppen und Wüsten") erkennen lassen, allein es fehlte jener älteren Meteorologie zu einer befriedigenden Beantwortung mikroklimatischer Fragen noch die hinreichende empirische Basis, die erst durch die Arbeiten des finnischen Meteorologen TH. HOMÉN (1858—1923) und des deutschen Botanikers G. KRAUS („Boden und Klima auf kleinstem Raum", Jena 1911) geschaffen wurde. Im Anschluß an diese Arbeiten hat sich in den letzten Dezennien unter weitgehendem Ausbau einer adäquaten Experimentalmethodik die Mikroklimatologie in geradezu stürmischer Entwicklung zu einer selbständigen Disziplin im Rahmen der Meteorologie erhoben, bei welcher Entwicklung in Deutschland R. GEIGER an führender Stelle steht.

Der Vergleich der 2. Auflage des GEIGERschen Buches, das jetzt mit vollem Recht den Untertitel eines Lehrbuches der Mikroklimatologie trägt, mit der im Jahre 1927 erschienenen 1. Auflage (vgl. Naturwiss., S. 335—336, 1930) läßt schon rein äußerlich diese rasche Entwicklung der Mikroklimatologie in der Zeit von 15 Jahren klar erkennen: Die Zahl der Abbildungen mußte verdreifacht, die Anzahl der verarbeitenden Literaturangaben von 253 auf 821 erhöht werden, und an die Stelle von 24 in vier Abschnitten untergebrachten Kapiteln der 1. Auflage sind nunmehr 41 Kapitel getreten, die sich auf folgende sieben Abschnitte verteilen: Wärmeumsatz in der bodennahen Luftschicht, die Temperaturverhältnisse, die anderen meteorologischen Elemente in der bodennahen Luftschicht, Einfluß der Unterlage auf das bodennahe Klima, Einfluß des Geländes, Einfluß der Pflanzendecke und die Beziehungen von Tier und Mensch zum Mikroklima.

Die Gruppierung des behandelten Stoffes entspricht in großen Zügen der bewährten Anordnung der 1. Auflage, während inhaltlich die in zahllosen Einzelheiten auf den neuesten Stand der Forschung erweiterte Darstellung vom Verfasser derart gründlich überarbeitet wurde, daß sie nur noch wenige Sätze der 1. Auflage erkennen läßt. Mehrere Kapitel über den Einfluß der verschiedenartigen Unterlage (Erdboden, Schneedecke, Wasserfläche, Rasendecke) auf das bodennahe Klima, über die Tierwelt und das Mikroklima sowie über die unbeabsichtigte und die bewußte Beeinflussung des Mikroklimas durch den Menschen stellen zudem wertvolle Bereicherungen der Neuauflage dar. Die Ausführungen über den Schadenfrost konnten im Hinblick auf eine in der Zwischenzeit erschienene zusammenfassende Darstellung (O. W. KESSLER und W. KAEMPFERT, Frostschadenverhütung, Berlin 1940) auf die mikroklimatisch wichtigsten Angaben eingeschränkt werden.

Ohne eingehende meteorologische Fachkenntnisse vorauszusetzen, vermittelt das in anregender Form geschriebene Buch einen vorzüglichen Überblick über Arbeitsmethoden, Ergebnisse und Ziele der für alle angewandten biologischen Disziplinen immer größere Bedeutung erlangenden mikroklimatologischen Forschung. H. ERTEL, Innsbruck.

TRENDELENBURG, W., **Der Gesichtssinn.** Grundzüge der physiologischen Optik (Lehrbuch d. Physiol.). XII, 333 S., 142 Abbild. i. Text, 3 Tafeln, davon 1 farbig. Berlin: Springer-Verlag 1943. Preis RM 16,50, Lw. RM 18,—.

Als erster Band eines Lehrbuches der Physiologie in Einzeldarstellungen, das von TRENDELENBURG herausgegeben wird, erschien der Gesichtssinn. Eine zeitgemäße Darstellung desselben war seit Jahren erwünscht. Hervorzuheben ist vor allem, daß Aufbau und Umfang des Buches weit über den Rahmen dessen hinausgeht, was sonst auch in modernen Lehrbüchern geboten wird. So entspricht schon die Gliederung dem Handbuch der HELMHOLTZschen physiologischen Optik, nämlich: I. Strahlengang im Auge, II. Gesichtsempfindungen, III. Gesichtswahrnehmungen. (Der Trennung von Empfindung und Wahrnehmung dürfte allerdings heute widersprochen werden.) Im ersten Hauptabschnitt wird die Dioptrik einschließlich Meß- und Untersuchungsmethoden abgehandelt. Im Hauptabschnitt „Gesichtsempfindungen" finden die Fragen der adaequaten Reizung und ihre Beziehung zur Mannigfaltigkeit der Empfindungen sowie der Farbensinn eine umfassende und ausgezeichnete Darstellung. Objektive Lichtwirkungen, örtliches und zeitliches Unterscheidungsvermögen von Lichtwirkungen sowie eine vergleichend physiologische Abhandlung über den Farbensinn leiten zum 3. Hauptabschnitt über. Hier werden Gesichtsfeld, Sehschärfe, Augenbewegungen, binokulares Sehen sowie Wahrnehmungen und Wirklichkeit klar und von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus abgehandelt. Vielleicht hätte hier nur die ophthalmologische Literatur etwas mehr Berücksichtigung finden können, ohne daß dadurch aber der umfassenden Darstellung wesentlicher Abbruch getan wird. Das Buch ist zwar in erster Linie für Studierende geschrieben. Da aber die neuesten Forschungsergebnisse Berücksichtigung finden (über 1000 Literaturangaben finden sich verwertet), wird es auch Augenärzten von großem Nutzen sein. Bereitet doch die Lektüre selbst dem Fachmann viel Freude. Die reiche und didaktisch überaus gute Auswahl der Abbildungen entspricht dem Zweck des Buches, dem es in erster Linie dienen soll. SCHUBERT, Prag.

KRÖNER, WALDEMAR, u. WILHELM VÖLKSEN. **Die Kartoffel.** Die wichtigsten Eigenschaften der Knolle als Lebensmittel und Rohstoff (Beiheft Nr. 9 zur Zeitschrift „Die Ernährung"). Leipzig: Joh. Ambrosius Barth 1942. 130 S. Preis brosch. RM 3,80.

In dankenswerter Weise haben sich die Verfasser der Mühe unterzogen, die umfangreiche und weitzerstreute Literatur, die bis zum Jahre 1942 über die Vorratspflege und gewerbliche Verarbeitung der Kartoffelknolle und die damit zusammenhängenden physiologischen, insbesondere ernährungswissenschaftlichen Probleme erschienen war, zu einer Monographie zu verarbeiten, die in der heutigen Zeit besonders willkommen sein muß, wo die Kartoffel mehr denn je eine der wichtigsten Stützen der deutschen Ernährungswirtschaft ist. Nicht nur die unmittelbar an der technischen Verarbeitung der Kartoffel interessierten Kreise (Brennerei, Flockentrocknerei und Stärkeindustrie), sondern auch der Botaniker, Ernährungsphysiologe, Züchter und der wissenschaftlich gebildete Landwirt werden diese Neuerscheinung begrüßen.

Im ganzen sind fast 800 Veröffentlichungen zitiert und verarbeitet worden. In den Vordergrund wurde die stoffliche Zusammensetzung der Kartoffel gerückt. Aber auch die Anatomie der Knolle wird behandelt; jedoch nur insoweit, als sie für die Technik der Verarbeitung von Bedeutung ist. Demgegenüber tritt das Biologische, wie bei der Zielsetzung der Monographie auch nicht anders zu erwarten war, in den Hintergrund. Dessenungeachtet enthält die Abhandlung eine Fülle von Literaturhinweisen, die auch dem Nichttechniker wertvolle Anregungen vermitteln dürften (vgl. die Ausführungen über den Ferment- und Vitamingehalt der Knollen). Allerdings möchte man wünschen, daß eine Neuauflage, was die botanisch-physiologische Seite anbelangt, einige Richtigstellungen und Ergänzungen erfährt. So wäre z. B. der Ausdruck Kambium zu vermeiden, nachdem durch LEHMANN nachgewiesen worden ist, daß die Kartoffelknolle nicht über ein Kambium im engeren Sinne, sondern nur über versprengte kambiale Elemente in den in Frage kommenden Gewebeschichten verfügt. Wertvoll wären auch eingehendere Ausführungen über die Entwicklungsgeschichte der Leukoplasten bzw. Stärkekörner, zumal die Stärke das weitaus wichtigste Rohstoffprodukt der Kartoffel darstellt. Doch fallen diese kleinen Mängel kaum ins Gewicht angesichts des großen Wertes, den die Monographie für jeden besitzt, der sich wissenschaftlich mit der Kartoffel beschäftigt.

K. O. MÜLLER, Berlin-Dahlem.

SCHNARF, K., **Vergleichende Cytologie des Geschlechtsapparates der Kormophyten. Monographien zur vergleichenden Cytologie.** Hrsg. von L. GEITLER. Bd. 1, VIII, 249 S., 53 Textabbild. Berlin: Gebr. Borntraeger 1941. Preis geb. RM 19,20.

Das Buch von SCHNARF leitet eine neue Monographienreihe ein, die ein Parallelwerk zu den bekannten Protoplasmamonographien bildet und der zum Ziel gesetzt ist, die morphologische Zellforschung in zeitgemäßen Einzeldarstellungen zu erfassen. Gerade auf cytologischen Gebieten hat es sich in den letzten Jahren gezeigt, daß die Morphologie keineswegs, wie oft behauptet wurde, ihren Abschluß erreicht hat, daß vielmehr nicht nur neue Tatsachen, sondern oft auch durch neue Erkenntnisse ganz wesentliche neuartige Deutungen für bekannte Tatsachen noch in den letzten Jahren immer wieder gefunden wurden. So hat sich z. B. in den letzten 15 Jahren eine ganz andersartige Einsicht in die Fragen vom Chromosomenbau und -verhalten ergeben, als man vorher erwarten konnte. Es ist also die Zusammenfassung der Cytomorphologie auch heute noch voll berechtigt, zumal wenn sie in dem elastischen Rahmen einer Sammlung von Einzelbänden und nicht in der starren Form eines Handbuches gegeben wird.

In der vorliegenden ersten Monographie gibt SCHNARF in gewohnter Sorgfalt eine genaue Darstellung der pflanzlichen Keimzellen von den Moosen bis zu den Angiospermen. Für jede systematische Gruppe werden die Spermien und ihre Entwicklung, die Eizelle und der Befruchtungsablauf geschildert. SCHNARF beschränkt sich dabei auf die Vorgänge in den Gametophyten, soweit sie unmittelbar zu der Keimzellbildung in Beziehung stehen; eine Darstellung der Reduktionsteilungen im Sporophyten wie auch der Gesamtentwicklung der Gametophyten ist also als außerhalb des Rahmens liegend nicht gegeben. Dieses Buch SCHNARFs stellt eine begrüßenswerte Ergänzung zu seinen bekannten embryologischen Zusammenfassungen dar. H. BAUER (Berlin-Dahlem).

HEDIGER, H., **Wildtiere in Gefangenschaft.** Ein Grundriß der Tiergartenbiologie. Mit einem Vorwort von A. PORTMANN. Basel: Benno Schwabe & Co. 1942. 205 S., 9 Abbild. u. 20 Tafeln. Preis geb. RM. 9,60.

Das trefflich ausgestattete Buch, das in jeder Zeile Zeugnis von intimer Kenntnis, einfühlsamem Tierverständnis, einer glücklichen Hand und weitem Blick des Verfassers zeugt, will nicht etwa ein nach den Arten geordnetes Lehrbuch der Wildtierhaltung sein, sondern es behandelt die Frage allgemein und grundsätzlich; es ist bemüht, die Unterschiede zwischen Wildleben und Haltungsdasein folgerichtig aus unserem Gesamtwissen herzuleiten, auf Wissenslücken aufmerksam zu machen und die Tierhalter zu ihrer Ausfüllung anzuregen. Nach der Haustierzüchtung ist der Tiergarten wohl das bisher größte haltungs- und züchtungsbiologische Experiment des Menschen; Grundwissenschaften sind vor allem die spezielle Zoologie, Ökologie, Vergleichende Psychologie, Pathologie und die Domestikationsforschung.

Die freilebende Tierart ist gebunden in ihrem Artareal, darin in der Biochore, d. h. im Lebensbezirk, wie Wald, Strand usw., in dieser endlich im Biotop, der Lebensstätte, z. B. Baumkronen oder Waldboden usw. Ebenso ist das Individuum gebunden in seinem Territorium, das es gegen eindringende Artgenossen verteidigt. Zudem ist es gebunden in seinem „Raumzeitsystem" (Heimstätte, Revier des Nahrungserwerbs, Orte des Verzehrens, des Wiederkäuens, Kotens, Markierens usw., verbunden durch starre Wegbahnen [Wechsel], die zu bestimmten Zeiten in bestimmten Richtungen begangen werden). Die Lebensbezirke verschiedener Arten greifen mosaikartig ineinander; die einander begegnenden Arten können zueinander in verschiedene Verhältnisse treten: Raubtier und Beute, biologische Rangordnung der Arten, wozu noch innerhalb der Art die soziale Rangordnung und die Beziehungen der Geschlechter kommen. Für sie alle ist der Mensch der Generalfeind. Bei der Gefangennahme aber rückt gerade er dem Wildtier ganz nahe, es muß sich an ihn gewöhnen und gleichzeitig die radikale Umwälzung seiner Umwelt hinnehmen, bei deren Darstellung Verfasser die drei Hauptpunkte

des Raumes, der Nahrung und der Tier-Mensch-Beziehung heraushebt.

Der neue *Raum* ist zumeist kleiner als das natürliche Territorium, ja selbst die Fluchtdistanz kann unterschritten sein, d. h. es ist Zähmung nötig: die Fluchtdistanz muß verschwinden. Mit dem Wegfall der Nahrungssorgen sinkt der Bewegungsantrieb. Die absperrenden Behelfe hindern die Fluchtreaktionen und Auseinandersetzungen mit den Nachbarn, wirken jedoch günstig als Grenzschutz des Territoriums, in dem das Tier sich bald wohlzufühlen beginnt, ja in das Ausbrecher und Ausreißer bei Gefahr zufluchtsuchend zurückkehren. So gilt es, die Begrenzung und das Bewegungsbedürfnis aufeinander abzustimmen. Fast wichtiger noch ist die Ausstattung des Raumes. Ganz aussichtslos wäre der Versuch, die Wildbahn kopieren zu wollen, z. B. ist gerade Naturboden wegen der darin nicht zu beseitigenden, sich anreichernden Wurmeier am gefährlichsten.

Soziale Tiere müssen unbedingt gesellig gehalten werden, jedoch unter dauernder menschlicher Kontrolle ihrer Beziehungen zueinander, sonst können Gefangenschaftserscheinungen, wie Hypertrophie der Valenzen, Hypersexualisierung und Nichtausweichenkönnen vor übermächtig werdenden Rivalen zur Katastrophe führen. Das unterlegene Tier schließt sich oft besonders eng dem Menschen an. Entsprechendes gilt für das Zusammenleben verschiedener Arten im gleichen Raum.

Nahrung: Die Ersatzfrage für den im Wildleben meist höchst abwechslungsreichen Speisezettel ist keineswegs rein physiologisch, sondern vor allem psychologisch zu behandeln, wobei erneut der soziale Faktor zu beachten und die Gefahr der Übersteigerung des Geschlechtstriebes zu vermeiden sind. Dauer- und Seltenfresser, Art und Zeit der Darbietung, die Erscheinungen des Bettelns u. a. m. werden besonders ansprechend behandelt. Der Zuchterfolg ist die Probe aufs Exempel der Gesamthaltung; erst wo sie glückt, darf der Tierhalter zufrieden sein. Verfasser beschreibt erfolgreiche Feldhasenzucht im Berner Zoo! Ein Ei des Kolumbus ist der Wechselkäfig zur Ermöglichung des Fluchtverhaltens.

Die *Tier-Mensch-Beziehung* wandelt sich mit der Gefangennahme über die Stufen des Sicheingewöhnens, der Eingewöhntheit, Zähmung, Zahmheit, Dressur und Dressiertheit. Zahmheit ist von Domestiziertheit auf strengste zu unterscheiden und bedeutet lediglich verschwundene Fluchtdistanz gegenüber dem Menschen; auf Haustiere, die von Geburt auf keine Fluchtdistanz haben, paßt der Begriff nicht. Tiere vom Kontakttyp lassen sich endlich streicheln, Zahmheit im Zusammenleben mit dem Menschen ist schön, gesund, zweckmäßig. Die Beschäftigungslosigkeit des zahm gehegten Tieres läßt sich am besten durch Dressur beheben; sie dämpft die geschlechtliche Übererregbarkeit, übersteigerte soziale Rücksichtslosigkeit und entspricht dem Sport und der Augleichsgymnastik des Städters. Zugleich vertieft sie die Tier-Mensch-Beziehung. Ihre Leistungen sind weit ausbaufähiger, als man heute erst ahnt, ihre Wohltaten sollten möglichst vielen Tierarten zugute kommen. Den seinerzeit vom Referenten betonten Gegensatz zwischen den Dressuren des Zirkus und Zoo auf der einen und des Tierpsychologen auf der anderen Seite schildert Verfasser allerdings mißverständlich: Tatsächlich ist hier wie dort *während* der Dressur die Lage durchaus dieselbe; beide Male müssen Tier und Mensch einander sympathisch sein, die beiderseitigen gefühlsmäßigen Beziehungen können für das Gelingen entscheidend werden. Der Unterschied liegt in Wahrheit erst hinterher, nämlich beim *Versuch*, den der Tierpsychologe der vollendeten Dressur folgen läßt, der Zirkusdresseur dagegen nicht. Im Versuch muß, im Gegensatz zur Dressur, der Versuchsleiter sich völlig ausschalten und das Tier allein tun lassen, was es eben will; nur so erfährt er, was es wirklich gelernt hat, wenn alle unwissentlichen Zeichengebungen des Versuchsleiters wegfallen. Im Zirkus, wo es nur auf das Gelingen der Schaustellung, im Tiergarten, wo es nur auf die Gesunderhaltung der Tiere ankommt, ist der Versuch natürlich entbehrlich, und tatsächlich geht die Dressur vor den Zuschauern weiter. Wer aber den höchstverwickelten Komplex der gegensinnigen Anteile von Mensch und Tier am Zustandekommen der Dressur analysieren will, für den ist der folgende Versuch unter Vermeidung jeglicher Beeinflussung von außen her unerläßlich. Einen wesentlichen Schritt vorwärts bedeutet hier bereits GRZIMEKs erfolgreiches Bemühen, die fertige Tigerdressur von einem fachgewerbsmäßigen Dompteur zu übernehmen, was ihm binnen 7 Tagen zur vollen Zufriedenheit der Zirkusleitung und des Publikums gelang. Seiner Selbstanalyse sehen wir entgegen.

Unter dem Stichwort *Angleichstendenz* behandelt Verfasser die Vermenschlichungen und Vertierlichungen. Der Mensch soll nicht naiv sich selbst in jedem Tiere sehen, sondern kritisch nach dem Sparsamkeitsgrundsatz deuten. Indem er dem Tier unkritisch seine eigenen Bedürfnisse unterlegt, anstatt sich scharf beobachtend in die der Tierart einzufühlen, kann er ihm immer nur schaden (falsche Unterbringung, Ernährung, Verhätscheln, die Ablehnung tierischer „Tücke", die höchst unangebrachten „Tierkindergärten", Tempelhaltung sakraler Tiere usw.). Umgekehrt behandelt auch das Tier den Menschen als Artgenossen, bezieht ihn in seine soziale Rangordnung ein, und der Mensch hat daraus das Beste zu machen, indem er unter genauer Kenntnis der tierischen Sozialriten sich möglichst reibungslos zum Spitzentier aufschwingt, die sozial Unterlegenen schützt usw.

Der Tiergarten ist nicht nur zur Unterhaltung und Belustigung des Publikums da, sondern er soll eine Volksbildungsstätte werden und zugleich sich ständig zu tätiger Teilnahme an der Forschung und zum Schritthalten mit ihr verpflichtet fühlen. Er soll uns Gelegenheit und Anleitung geben, neben dem Ausschen vor allem das Verhalten der Tiere zu beobachten. Seine Tierbestände können nicht nur die Systematik, Anatomie, Parasitologie, Physiologie und Tierpsychologie fördern, sondern sollten vor allem auch der Erb- und Domestikationsforschung nutzbar gemacht werden, deren zentrale Bedeutung für das stammesgeschichtliche Problem der Menschwerdung nicht hoch genug einzuschätzen ist. Die Gefangenschaftsveränderungen gehaltener Wildtiere phaenokopieren in einem gewissen Umfange jene Erbänderungen, die in der Haustierwerdung eine entscheidende Rolle gespielt haben müssen. Wie nahe läge z. B. der Vergleich aufeinanderfolgender Generationen im Zoo gezüchteter Löwen mit den Wildformen. Überall drängen sich hier Fragen auf, die erst tastend oder überhaupt noch nicht angerührt worden sind.

Jede Gefangensetzung eines Tieres bedeutet seinen Ausschluß aus dem Kreislauf des vom Menschen noch unberührten Wildbestandes und verpflichtet uns, jeden sterilen Leerlauf im Tiergartenbetrieb mit allen Mitteln zu verhüten. So ist es eine der wichtigsten Aufgaben des Tiergartens, vom Aussterben bedrohte Tierarten durch Nachzucht und Wiederaussetzung im Wildzustande zu erhalten.

O. KOEHLER (Königsberg Pr.).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9. — Springer-Verlag in Berlin W 9.
Druck: Manzsche Buchdruckerei, Wien IX.

Das durch wissenschaftliche Milchauswertung neu gefundene labile Milcheiweiß ist nur enthalten in

FISSAN
colloidfein

Die unerreichte Feinteiligkeit des FISSAN-Schweiß- und Fußpuders erlaubt sparsamste Verwendung.

VP 4/43

AEG
Technisch-physikalische Sondergeräte

Piezoelektrische Meßeinrichtungen
Piezoelektrische Geber, Verstärker mit hochohmigem Elektrometerröhren-Eingang zum Anschluß an Elektronenstrahl-Oszillographen, Druckelemente mit Wasserkühlung für Höchstdrücke bis 700 atü, Elemente zum Einbau in Druckleitungen, kleine Universalgeber für 0 bis 1500 kg

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

Schmidt & Haensch
Berlin
Anfragen erbeten an Springer-Verlag, Berlin W 9

Polarisationsapparate

Spektralapparate

Photometer

Berlin Schmidt & Haensch

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen bis auf weiteres in Doppelheften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstraße 22/24

erbeten.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung (entsprechend § 42 des Verlagsgesetzes) der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung in fremdsprachlichen Ausgaben vor.

Wegen Anzeigen wolle man sich wenden an den *Springer-Verlag*, Berlin W 9.

Anzeigenpreis: $^1/_1$ Seite RM 250.—, z. Z. zulässiges Höchstformat $^1/_4$ Seite.

Preis der Titelseite ($^1/_2$ Seite) RM 156.25.

Springer-Verlag OHG., Berlin W 9, Linkstr. 22/24

Fernsprecher: 21-81-11

Als Ersatz nach totalem Fliegerschaden

nw.-philos. Werke

zu kaufen gesucht

Bavink, Drews, Driesch, Fries, Ed. v. Hartmann, Kant, Nelson, Riehl, Wenzl, Zimmer u. ä.

Angebote erbeten unter **„Nw. 1335"** an Springer-Verlag, Berlin W 9

Wir kaufen und bitten um Angebot:

Brockhaus, Lexikon, 15. Aufl. 20 u. 21 Bde. / **Brehms Tierleben,** 10 u. 13 Bde. / **Handb. d. Literatur — Kunst — geogr. Wissenschaften / Hegi, Flora von Mittel-Europa / Heinroth, Vögel / Muret-Sanders,** Englisch. Wörterbuch, 4 Bde. / **Sachs-Villatte,** Französisches Wörterbuch, 4 Bde., und andere Bücher von Wert.

Werner, Freundt & Co., Buchhandlung, Leipzig C 1, Bez. 24

DESITIN

DIE EXTERNE LEBERTRANTHERAPIE

DESITIN-WERK CARL KLINKE, FABRIK PHARMAZEUTISCHER PRÄPARATE, HAMBURG 1

Wir bauen

HOCHSPANNUNGS-GERÄTE kleinster Ausmaße für jeden Verwendungszweck.

Lieferbar:
5–500 kV Gleichstrom prim. Netz oder Akku

ENTWICKLUNGS- UND KONSTRUKTIONSBÜRO
ING. M. TOKUMBET VDI
Büro: Berlin-Charlottenburg 2, Berliner Straße 40
Abt. I: **Hochspannungstechnik**
Abt. II: **Hochfrequenztechnik**

Wir fertigen seit Jahren in höchster Vollendung
GLASSPIEGEL
GLASTEILUNGEN – GITTER
MIKROSKOPISCHE PRÄPARATE
J. D. Möller, Optische Werke, G. m. b. H.
Hamburg 20, Postfach 2926

Spenden und helfen eine Kriegspflicht!
Kriegshilfswerk für das Deutsche Rote Kreuz 1944.

FACHLEUTE

Spannungsänderungen durch Belastungsschwankungen bei empfindlichen Verbrauchern → STABILISATOREN

die besonderen Wert auf einwandfrei arbeitende Geräte legen, verwenden zum Ausgleich von Netzschwankungen und

STABILOVOLT GMBH

H. LENNARTZ · LTP · BOUCKE

LTP-Meßgeräte

Tiefton-RC-Generator RC 4
4 Hz bis 300 Hz in 3 Bereichen
Leistung 1,5 W 60/600 Ω
Konstanz 0,2 bis 0,3%

Tonfrequenz-Schwebungssummer SR 100
30 Hz bis 1,5 kHz
30 Hz bis 20 kHz
Leistung 1,5 W 150/600 Ω
Klirrfaktor 1% bei 1 W
Eingebautes Röhrenvoltmeter

Trägerfrequenz-Schwebungssumm. SR 200
30 Hz bis 15 kHz
10 kHz bis 200 kHz
Ausgänge: 150 (5 V), 600 Ω
Klirrfaktor 1,5%
Eingebautes Röhrenvoltmeter

Oberwellen-Meßgerät FS 2
Frequenzen: 10, 20, 40, 160 kHz
Messung: 1. und 2. Oberwelle getrennt
Meßbereiche: 0,1 bis 2,5%
0,1 bis 10%
Eingangswiderstand zirka 5 kΩ

LTP
Labor für technische Physik
Büro: Berlin SO 16

bei größeren Stückzahlen, in sauberer und genauer Ausführung
Skizze oder Zeichnung bitte mit einsenden

SEIT 1865 D&P
DENNERT & PAPE
Mathem. u. geodät. Instrumente
HAMBURG

Gallenleiden
SEPDELEN 7

Hepatitis
Cholelithiasis
Cholecystitis
Cholecystopathien

SEPDELEN-WERKE GMBH
Wissenschaftliche Abteilung
Hamburg 1 · Spitalerstr. 11 /211

CHININFABRIK BRAUNSCHWEIG
Büchler & Co.
Anorganische Abteilung

Radium jeder Lieferform
Radium-Emanation
Radium D
Polonium
*
Neutronenquellen
*
Instrumente für die Radiumtherapie
*
Uranverbindungen
*
Zink- und Erdalkalisulfid-Luminophore

ZEISS IKON

PIEZO-ELEKTRISCHE INDIKATOREN

haben sich bewährt für
Kraft-,
Druck- und
Beschleunigungsmessungen

Auskunft erteilt die
ZEISS IKON AG. DRESDEN
INSTRUMENTEN-ABTEILUNG

Geregelte Netzgeräte

Stromversorgungsgeräte

und **Anlagen** mit hochkonstanter und lastunabhängiger Spannung für

Nieder-, Hoch- u. Höchstspannungen
Innenwiderstand der Speisequelle um 1 Ohm

Spannungsgenauigkeit bei Netzschwankungen bis zu ± 25% nach Wahl 0,1 . . . 0,001%. Brummrestspannung bis zu 0,01‰. Trägheitlose Röhrenregelung, großer Wirkungsgrad, stabile Verhältnisse, kleine Abmessungen.

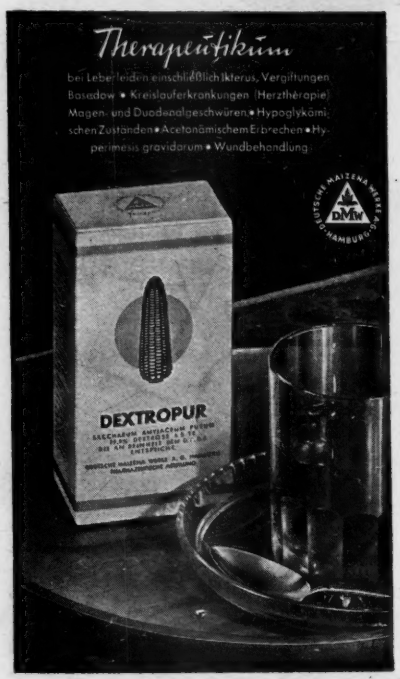
Weiterhin werden serienmäßig hergestellt: Einbausatzteile, Spannungsgleichhalter, Strom- u. Leistungsgleichhalter, Netzanoden, Netzgitter für Meßspannungen.

Alle Geräte werden sowohl mit **geregelter hochkonstanter, lastunabhängiger Spannung** als auch mit ungeregelter Spannung hergestellt.

Regelgeräte Peter Steinlein

RG

Anfragen und Auskünfte durch:
„DIE NATURWISSENSCHAFTEN"
Berlin W 9.



Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9, für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. Pl. 4. — Druck der Manzschen Buchdruckerei, Wien IX. — Springer-Verlag in Berlin W 9. — Printed in Germany